

Die Ontwerp van 'n Stelsel vir die Akkurate Kartering van Mikrofoonposisies

deur

Matthias Silbernagl

*Tesis ingelewer ter voldoening aan die vereistes vir die
graad van Magister Philosophiae in Musiektegnologie in die
Fakulteit Lettere en Wysbegeerte aan die
Universiteit van Stellenbosch*



Departement Musiek
Universiteit van Stellenbosch
Privaatsak X1, Matieland, 7602, Suid-Afrika

Studieleier: G.W. Roux

Maart 2016

Verklaring

Deur hierdie tesis elektronies in te lewer, verklaar ek dat die geheel van die werk hierin vervat, my eie, oorspronklike werk is, dat ek die alleenouteur daarvan is (behalwe in die mate uitdruklik anders aangedui), dat reproduksie en publikasie daarvan deur die Universiteit van Stellenbosch nie derdepartyregte sal skend nie en dat ek dit nie vantevore, in die geheel of gedeeltelik, ter verkryging van enige kwalifikasie aangebied het nie.

Datum: Maart 2016

Kopiereg © 2016 Universiteit van Stellenbosch
Alle regte voorbehou.

Uittreksel

Die Ontwerp van 'n Stelsel vir die Akkurate Kartering van Mikrofoonposisies

M Silbernagl

Departement Musiek

Universiteit van Stellenbosch

Privaatsak X1, Matieland, 7602, Suid-Afrika

Tesis: MPhil Musiektegnologie

Maart 2016

Opnamegehalte word deur die geringste verandering in die afstandverhouding tussen 'n mikrofoon en 'n klankbron beïnvloed. Die posisie van 'n klankbron, asook die mikrofoonkeuse en plasing wat vir 'n opstelling benut word, word in die opnamepraktyk op 'n eksperimentele basis aangepas totdat 'n opstelling 'n esteties bevredigende resultaat lewer. Hierdie tesis ondersoek die ontwerp van 'n stelsel vir die akkurate kartering van mikrofoonposisies relatief tot 'n klankbron in enige driedimensionele ruimte. Ten einde 'n karteringstelsel vir opname-ateljees te ontwikkel, is die aspekte wat opnamegehalte beïnvloed as tegniese vereistes geag waarvolgens karteringstegnieke ondersoek en aangepas is. Daar is bevind dat die afleiding van posisionele inligting vanaf fotografies karteerde en fotogrammetries gemodelleerde ruimtes te onakkuraat of ingewikkeld is om vir implementering oorweeg te word. Gevolglik is 'n kartetiese-koördinaatsisteem vir die kartering van mikrofoon- en bronposisies ontwikkel.

Abstract

The Design of a System for the Accurate Mapping of Microphone Positions

M Silbernagl

Department of Music

University of Stellenbosch

Private Bag X1, 7602 Matieland, South Africa

Thesis: MPhil Music Technology

March 2016

Recording quality is influenced by small changes in the distance relationships between a microphone and a projecting sound source. The choice of microphone as well as microphone and sound source positions are determined by means of experimentation where small adaptations of a recording setup are exercised until an aesthetically pleasing recording result is achieved. This thesis investigates a system design for the accurate mapping of microphone positions relative to a sound source in any three-dimensional space. With the aim to develop a positional map and recall system, the aspects influencing recording quality were regarded as technical requirements that guided the research of mapping methods. It was found that the retrieval of positional information from photographic mapping and photogrammetric modelling techniques were too complex or inaccurate to be considered for implementation. Therefore a cartesian coordinate system has been adapted for the mapping and recalling of previous microphone and sound source positions.

Erkennings

Ek wil graag die volgende persone en instansies hartlik bedank vir die bydraes wat tydens en in aanloop tot hierdie projek gemaak is:

- Gerhard Roux, vir al sy insigte, geduld en studieleiding;
- Wally en Jorika Silbernagl - want sonder julle sou niks hiervan ooit kon realiseer nie
- Wayne en Elize Duminy, vir al julle ondersteuning en die foto's;
- Gareth Moys, for your perseverance in trying to get those measurements;
- Pierre Rommelaere, vir die fotos van die Endler en Fisser;
- Anthony Chute, vir die fotoredigering;
- Ivan Newmark, vir die voorstelling aan baie belangrike rolspelers in hierdie navorsing;
- Francois Stroh van *Horts-Solutions* vir die DotProduct DPI-8;
- Sebastian Silbernagl, vir al die nagtelike brainstorm sessies;
- CP Verster, vir die insigte in toonkleur;

Opgedra aan

My gesin.

Inhoudsopgawe

Verklaring	i
Uittreksel	ii
Abstract	iii
Inhoudsopgawe	vi
Lys van figure	ix
Lys van tabelle	xi
1 Uiteensetting van die studie	1
1.1 Inleiding	1
1.2 Motivering vir die studie	1
1.2.1 Literatuuroorsig	2
1.3 Navorsingsvrae	2
1.4 Doelwitte van die studie	3
1.5 Navorsingsontwerp	3
1.6 Navorsingsmetodologie	4
1.6.1 Kwalitatiewe evaluering van karteringstegnieke	4
1.7 Uitleg van Verhandeling	4
2 Agtergrond en Teoretiese Raamwerk	6
2.1 Die Ontwikkeling van Plasingsmetodes	6
2.1.1 Die Eerste Klankopname's	6
2.1.2 Die Oorgang na Meerkanalige Opnames	8
2.1.3 Die Invloed van 'n Digitale Opnamepraktyk	10
2.2 Huidige Praktyk	11
2.2.1 Posisionering in die Opname Praktyk	12
2.2.2 Posisionele Merkers	12
2.3 Die Ontwikkeling van Meting en Kartering	13
2.3.1 Ontwikkeling van Meting	15
2.3.2 Die Geskiedenis van Kartering	16
2.4 Tegniese Vereistes: Meganiese Aspekte wat Plasing Beïnvloed	17

2.4.1	Transduktors	17
2.4.2	Mikrofoongerigtheid en -Polariteit	18
2.4.3	Standaard Mikrofoonplasings	19
2.4.4	Sein-tot-Ruis Verhoudings	22
2.5	Klankvorming en Persepsie	22
2.5.1	Nabyheidseffek	22
2.5.2	Fase	23
2.5.3	Maskeringseffekte	25
2.6	Klankvorming en Akoestiek	25
2.6.1	Inverse-vierkantwet	25
2.6.2	Nagalm	27
2.6.3	Refleksie	28
2.6.4	Absorpsie	29
2.6.5	Toonkleur	29
3	Karteringsmetodes en tegnieke	33
3.1	Kartografie	33
3.1.1	Fotografiese Kartering	33
3.1.2	Ortografiese Kartering	35
3.1.3	Vlakkartering	35
3.1.4	Topografiese Kartering	36
3.2	Kartografiese Meeteenhede en Rigting Aanwysings	36
3.2.1	Sleutel	36
3.2.2	Skaal	37
3.2.3	Kompas en Klokposisie	37
3.2.4	Geografiese Koördinate	37
3.3	Fotogrammetrie	38
3.3.1	Digitale Terreinmodellering	38
3.3.2	Driedimensionele Modellering	38
3.4	Slimfoon en Tablet Toepassings	39
4	Stelselontwerp	40
4.1	Riglyne vir Stelselontwerp	40
4.2	Koördinasie van 'n Stelselontwerp	42
4.2.1	Metodologie	43
4.2.2	Tegniese Vereistes	43
4.2.3	Voorstelle vir Karteringsmetodes	44
4.3	Karteringsmetodes en Aanpassings	46
4.3.1	Koördinaatstelsel	46
4.3.2	Fotografiese Kartering	49
4.3.3	Driedimensionele Modellering	50
5	Implementering	54
5.1	Stelsel Bespreking	54

5.1.1	Verstekstelsel	54
5.1.2	Kartering	55
5.1.3	Aanbieding van Inligting	58
5.2	Stelsel Opsomming	58
6	Gevolgtrekking	62
6.1	Verdere navorsing	62
	Bylaes	64
A	Eksperimente	65
A.1	Tegniese Vereistes	65
A.1.1	Lyn eksperiment	65
A.1.2	Skimbeeld Toetsing	68
A.1.3	Driedimensionele modellering posisionele eksperiment	68
A.1.4	Kleurmerker eksperiment	70
B	Toerusting	78
B.1	DotProduct DPI-8	78
B.2	Canon 5D SLR kamera	78
C	Sagteware	80
C.1	Pro-Tools 11	80
C.2	Phi.3D	80
C.3	AutoCAD en ReCap	81
	Lys van Verwysings	82

Lys van figure

2.1	'n Vroeë mikrofoon- en bronopstelling	8
2.2	Maskeerband mikrofoon posisie-merkers	13
2.3	Maskeerband klankbron posisie-merkers	14
2.4	'n Strykkwartet en klavier opname-sessie	14
2.5	Die basiese poolpatrone	20
2.6	Fase-kansellasië	24
2.7	Frekwensiespektrum teen toenemende afstande	30
2.8	Normaliseerde frekwensiespektrum teenoor afstand	31
2.9	Frekwensiespektrum teen toenemende invalshoeke	32
2.10	Normaliseerde frekwensiespektrum teenoor invalshoeke	32
4.1	Planimetriese basis	50
4.2	Kleur lyne met basisfoto	51
4.3	Basis stensil	51
4.4	Superponeerde posisies	52
4.5	DotProduct DPI-8 vooraansig	53
4.6	Driedimensionele modellering	53
5.1	Mikrofoon oriëntasie	57
5.2	Stelsel Diagram	61
A.1	Basis vir planimetrie	66
A.2	Kontoerlyn toets	66
A.3	Kleur toets	67
A.4	Verstek stensil	67
A.5	Superponeerde skimbeelde	69
A.6	Superponeerde mikrofoon-opstellings	70
A.7	Superponeerde stensil	71
A.8	Foutiewe skandering	71
A.9	Kleur verwerping	72
A.10	Isoleerde mikrofoon- en bronopstelling sy-aansig	72
A.11	Isoleerde mikrofoon- en bronopstelling bo-aansig	73
A.12	Medium-grootte ruimte skandering	74
A.13	Voorwerp skandering binne medium-grootte ruimte	75

A.14 Driedimensionele skandering	76
A.15 Driedimensionele skandering uittreksel	77

Lys van tabelle

2.1	Berging van 'n klanklêer	11
2.2	SI-eenhede	16
3.1	Posisionele Inligting	34
4.1	Werkstelsel koördinasie	42
4.2	Rigting aanduiding	46
4.3	Kartetiese vlakverdeling	47
4.4	Mikrofoon kartering A	48
4.5	Klankbron kartering A	48
5.1	Hipotetiese Spreiblad vir mikrofoon kartering	59
5.2	Hipotetiese Spreiblad vir voorwerp kartering	60
A.1	Mates gemeet vir Toets	69
C.1	ProTools 11 spesifikasies	80

Hoofstuk 1

Uiteensetting van die studie

1.1 Inleiding

SEDERT Thomas Edison die eerste klankopnames in die laat 1800's met 'n horing as mikrofoon verrig het, het 'n toename in hoë gehalte mikrofone en opname-toerusting tot groter verskille in vervaardiging ten opsigte van mikrofoon- en klankbron-eienskappe gelei (Horning, 2004:710; Thompson, 1995:134). Soos wat Edison se horing-opnames 'n geval van eksperimentele posisionering was om te verseker dat 'n opname 'n bevredigende resultaat sou lewer, net so geskied mikrofoonkeuse, posisionering, oriëntering sowel as die hoek waarteen 'n klankbron teenoor 'n mikrofoon gerig is, in die moderne opname-praktyk op 'n eksperimentele wyse (Huber & Runstein, 2013:143; Savage, 2011:22). Verkose voorwerp-posisies en mikrofone wat tydens 'n opname benut word, word weer deur opname-tegnici besluit waar daar geen reëls is wat 'n bevredigende opname sal waarborg nie (Ballou, 2013:519). Die gevolg is dat 'n spesifieke plasing wat weens 'n kombinasie van faktore aantreklik klink¹, nie vir toekomstige opnames herhaal kan word nie.

1.2 Motivering vir die studie

Gedurende klankopnames word die klankgehalte van daardie opnames groten-deels deur die posisies van die betrokke mikrofone en klankbronne beïnvloed. In die praktyk word 'n verskeidenheid mikrofone en klankbronne aangetref, waar die verskillende eienskappe waarmee daardie toestelle teenoor klank reageer, nie uniform is nie. Weens die groot verskeidenheid mikrofone wat oor hul onderskeie eienskappe beskik, word alle mikrofone nie teenoor 'n eenderse klankbron op dieselfde afstande en hoeke posisioneer om 'n gewenste plasing

¹ Streicher & Dooley (1985:14) noem dat klanklokalisasie, diepte, teenwoordigheid, helderheid van die individuele komponente en die onnatuurlike harmoniese verkleuring primêre faktore is om tydens die analise van klank-gehalte te oorweeg.

te bereik nie. In die opsig geskied die posisionering van mikrofone en klankbronne op 'n eksperimentele wyse waar 'n plasing gebruik word wanneer 'n estetie bevredigende opnamegehalte deur die opstelling produseer word.

Daar bestaan riglyne om 'n opname te benader sodat 'n gewenste plasing van die mikrofoon en klankbron bepaal kan word, maar die spesifieke plasing van betrokke mikrofone en klankbronne hang van die opname-tegnikus se oordeel af. Die tekortkoming in verband met mikrofoon- en bronplasing is dat die eksperimentele posisionele verskuiwings wat tot 'n gewenste plasing lei, nie dokumenteer en op 'n latere stadium herhaal kan word nie. Dit laat 'n gaping in kennis ten opsigte van mikrofoon- en bronplasing, waar die eienskappe van gewenste en ongewenste plasing nie versamel, bestudeer en empiries vergelyk kan word nie. Hierdie studie wend daarom 'n poging aan tot die ontwerp en vestiging van 'n stelsel vir die akkurate kartering van mikrofoonposisies.

1.2.1 Literatuuroorsig

Mikrofoonplasing en 'n persoon wie die vernuf ontwikkel het om die regte mikrofoon-keuse en plasing daarvan te kan uitwys, het daardie stilswyende kennis deur ervaring in die opname-praktyk opgedoen (Horning, 2004:710). Daar bestaan menigte moontlike opsies vir mikrofoon- en bronplasing, maar as gevolg van die ingewikkeldheid van 'n opgeneemde klank, kan mikrofoon- en klankbronposisies nie op grond van 'n opname afgelei word nie. Verskillende klankbronne beskik weer oor unieke eienskappe net soos wat alle mikrofone nie eenders teenoor dieselfde klankbron reageer nie. Die gevolg is dat 'n klein posisionele aanpassing in die afstandverhouding tussen 'n klankbron en mikrofoon 'n merkwaardige invloed op die gehalte van 'n opname het (Ballou, 2013:493).

Alhoewel daar verskeie publikasies in verband met mikrofoon- en klankbronplasing bestaan, is daar met hierdie studie se soeke in die literatuur tot 'n gevolgtrekking gekom dat daar 'n tekort in terme van die kartering en herroeping van mikrofoon- en bronposisies bestaan².

1.3 Navorsingsvrae

- Wat is die goedkoopste, eenvoudigste en akkuraatste karteringstelsel vir mikrofoon- en klankbronposisies wat deur die benutting van bestaande karteringstegnieke ontwerp kan word?

² In hierdie navorsing is daar geen verwante mikrofoon- en klankbron- karteringstelsels in die literatuur teekom nie. Dit is nie seggend dat daardie stelsels nie bestaan nie, maar dui eerder op die duidelike tekort aan navorsing verwant aan die kartering van mikrofoon- en bronposisies binne opname-ruimtes

Die primêre navorsingsvraag verg die beantwoording van 'n reeks sekondêre vrae. Deur die sekondêre vrae te definieer en die antwoorde op daardie vrae gesamentlik te analiseer, is dit moontlik om die antwoord op die primêre navorsingsvraag af te lei. Die sekondêre navorsingsvrae lui as volg:

- Wat is die meganiese en tegniese vereistes van opnametoerusting wat 'n karteringstelsel vir mikrofoon- en klankbronposisies verg?
- Watter bestaande karteringstegnieke kan uit ander bedrywe aangepas word om aan die tegniese vereistes te voldoen?
- Is die aangepaste karteringstegnieke akkuraat en indien wel, is die implementering van daardie tegnieke eenvoudig om uit te voer?
- Is dit nodig om infrastruktuur vir die implementering van so 'n karteringstelsel te ontwikkel en indien wel, hoe bekostigbaar is dit?

1.4 Doelwitte van die studie

Die hoof doelwit wat hierdie studie wil bereik is om 'n mikrofoon- en klankbronkarteringstelsel vir opname-ateljees te ontwerp. In die opsig is die tweede doelwit wat hierdie studie wil bereik om 'n stelsel tot die kennisliggaam by te dra wat maklik implementeerbaar, goedkoop en so akkuraat as moontlik mikrofoon- en klankbronposisies in enige opnamelokaal kan karteer en herroep.

1.5 Navorsingsontwerp

'n Gemengde navorsingsmetodologie is deur hierdie studie aangewend. Die bepaling van die tegniese vereistes waarvolgens mikrofoon- en klankbronposisies in praktyk besluit word, is vanuit 'n kwantitatiewe oogpunt benader. Dit is om te verseker dat alle aspekte wat tydens 'n mikrofoon- en klankbronopstelling in ag geneem word, gestip en met die ontwerp van die stelsel akkommodeer kan word. Karteringstegnieke in verkeie bedrywe is ook kwantitatief benader om 'n sorgvuldige oorsig van moderne tegnieke te vestig. Daardie tegnieke is kwalitatief ge-evalueer op grond van hoe akkuraat die bepaalde metodes die tegniese vereistes tydens die kartering en herroeping van mikrofoon- en klankbronposisies nakom. Daarna is die mees akkurate metode verder aangepas om as deel van produksie dokumentasie geïmplimenteer te word.

1.6 Navorsingsmetodologie

1.6.1 Kwalitatiewe evaluering van karteringstegnieke

Om die akkuraatheid, eenvoud en uitvoerbaarheid van karteringsmetodes te toets, sal mikrofone en klankbronne op arbitrêre posisies binne opnameruimtes geplaas word. Op die manier is dit moontlik om die eksperimentele plasing van mikrofone en klankbronne in praktyk (Huber & Runstein, 2013:143; Ballou, 2013:519) na te boots. Daarna sal spesifieke karteringstegnieke getoets word deur te poog om die betrokke posisies te karteer. Indien 'n genoegsame hoeveelheid inligting nie van die karteerde inligting afgelei kan word vir die herroeping van posisies nie, sal die betrokke karteringstegnieke van die hand gewys word. Indien dit moontlik is om die noodsaaklike inligting van die kaart te kan aflei en 'n plasing herroep kan word, sal die akkuraatheid getoets word deur middel van foto's van die aanvanklike en herroepde plasings bo-oor mekaar te lê en die deursigtigheid te stel. Op die manier is dit moontlik om kwalitatiewe oordeel te lewer soos deur (Kothari, 2004:3) voorgestel. Weens die verskyning van skimbeelde is dit sodoende moontlik om hierdeur die afwyking in afstand en oriëntasie op 'n twee-dimensionele vlak visueel uit te beeld.

Karteringstegnieke wat die akkuraatste herroeping van mikrofoon- en bronposisies tot gevolg het, sal deur middel van superponeerde foto's kwalitatief teenoor mekaar opgeweeg en evalueer word, waarna eenvoud en bekostigbaarheid in ag geneem sal word vir finale beslissing oor watter tegnieke vir die stelsel mees gepas sal wees. Dit dui volgens (Kothari, 2004:3) op die empiriese navorsingsmetode waar die navorsing en gevolgtrekkings alleenlik gebasseer is op ervaring en beskouing, eerder as om oor 'n konseptuele raamwerk te beskik waarbinne die spesifieke gebeure afgebaken kan word (Newman & Benz, 1998:10). In die geval dat slegs 'n enkele stel karteringstegnieke die herroeping van mikrofoon- en klankbronposisies bemagtig, sal daardie stelsel as 'n verstekstelsel geag word. 'n Verstekstelsel sal as wegtrekpunt vir verdere navorsing geag word, eerder as wat dit as 'n finale karteringstelsel bydra.

1.7 Uitleg van Verhandeling

Ten einde 'n beter verstaan te vestig oor hoe moderne mikrofoon en klankbronposisionele gebruike ontwikkel het, word agtergrond oor die ontwikkeling van posisionering en meting ter inleiding van hoofstuk twee bespreek, waarna die tegniese vereistes volg. Karteringsmetodes wat ondersoek is word in hoofstuk drie bespreek, waar die mees gepaste karteringstegnieke aangepas is om as voorstelle vir die karteringsmetodes en aanpassings in hoofstuk vier weergegee te word. Daardie voorstelle is ge-evalueer op grond van die mate van akkuraatheid waarmee 'n opstelling karteer en herroep kan word, waarna die finale

karteringsmetodes en die implementering daarvan in hoofstuk vyf bespreek word. Hoofstuk ses lewer verslag oor die bevindinge en gevolgtrekkinge van die studie. Hierdie tesis ondersoek 'n stelselontwerp vir die akkurate kartering van mikrofoon- en klankbronposisies in opname-lokale van enige grootte, om die eksperimentele wyse waarop mikrofoon- en bronplasing geskied, te kan karteer, dokumenteer en herroep.

Hoofstuk 2

Agtergrond en Teoretiese Raamwerk

2.1 Die Ontwikkeling van Plasingsmetodes

In 1827 het Sir Charles Wheatstone 'n toestel vir die fynere beluistering van klanke ontwerp en dit die titel, mikrofoon, gegee (Homer, 2012:43; Barron, 2002:6). Die gehoorstuk het uit twee metaalplate bestaan wat elk groot genoeg was om 'n oorskulp te dek. Aan beide daardie plate was 40cm lang en 2mm dun draadjies geheg wat aan die teenoorgestelde punte aan mekaar vasgemaak was (Bowers, 2001:25). Alhoewel daar geen opnameproses as sulks was nie, het die toestel vereis dat die plasing van die mikrofoon teenoor die klankbron van so 'n aard moes wees dat die fynste klanke tot 'n hoorbare luidheid versterk kon word. Wanneer die draadpunt teen 'n klankbron gedruk was, het die draad as klankgeleiers na die metaalplate gedien wat ooreenkomstig resoneer het (Bowers, 2001:25). Daardie resonerende metaalplate het 'n luisteraar toegerus om sagte klanke en fynere luidsheidsverskille duideliker te kon waarneem¹ (Bowers, 2001:25).

2.1.1 Die Eerste Klankopname's: Bron- en Mikrofoonposisionering

In die jaar 1857 het Edouard-Léon Scott de Martinville (1817-1879) deur die aanwending van sy foonoutograaf die bal vir klankopnames aan die rol gesit (Feaster, 2010:43). Hy het 'n trechter-vorm gebruik om klank mee op te vang, waar die tuit aan 'n beweegbare membraan vasgemaak was. Wanneer klank in 'n elastiese materiaal (soos lug) voortplant, vind 'n verandering in druk, spanning en partikelverplasing plaas (Cox, 1957:1). Martinville se membraan

¹ Wheatstone se toestel kon nie klank opneem nie, maar slegs klank vir fynere beluistering versterk en word eerder as 'n voorganger van die moderne stetoskoop geag (Homer, 2012:43).

wat met fyn borsels gepas was, het hierdie bewegings gestip deur op 'n roet-besmeerde papier wat om 'n silinder gedraai was, membraan-bewegings na te trek² (Feaster, 2010:45). Wanneer die opname aanvang gevind het, was dit van die opname-tegnikus verlang om die spil waaraan die silinder vasgemaak was te draai sodat die bewegende membraan-borsels patrone op die roterende papier kon natrek. Gevolglik het Scott de Martinville die eerste visuele voorstelling van 'n klankopname produseer³ (Feaster, 2010:43).

Thomas Edison het teen 1877 die eerste klankopname vir die doel van terugbeluistering bewerkstellig (Thompson, 1995:134)⁴. Die Edison fonograaf (fig. 2.1) het, soortgelyk aan die foonoutograaf klank deur middel van 'n horing opgeneem wat met 'n beweegbare membraan aan die tuit gepas was. Die verskil was egter dat 'n skerp naald aan die membraan geheg was wat membraan-bewegings op 'n roterende wassilinder graveer het (Frayne, 1985:263). Weens die feit dat wassilinders 'n tydsbeperking van vier minute gehad het, asook onredigeerbaar was, was dit vir musici nodig om tydens opnames betyds te begin en eindig sonder om die musiek af te jaag of foute te maak (Kenney, 2003:41). Bo-op die streng vereistes, was die posisionering van musici teenoor die horing-opening 'n uiters belangrike proses. Dit was noodsaaklik dat sangers vorentoe en agteruit moes beweeg sonder om hul koppe van die bek van die horing af weg te draai, sodat 'n opname sonder ongewenste artefakte produseer was (Kenney, 2003:41). Katz (2010:42) dui op gevalle waar sangers soms hul koppe in die horing moes druk om te verseker dat hul *pianissimo* steeds genoeg intensiteit voortbring het om die opname suksesvol te voltooi. Terselfdertyd wys Katz (2010:42) daarop dat dit soms nodig was om verder weg te staan vir die daaropvolgende *fortissimo* passasie, soveel dat opname-assistente dikwels aangestel was om sangers volgens die dinamiek van die musiek nader en verder van die horing af te stoot.

Nijsen (1983:25) noem dat dit die tekortkominge van 'n bestaande stelsel is wat tegnologiese vooruitgang dryf en dat die meganiese metodes van opnames van nature uiteindelik deur meer akkurate prosesse vervang sou word. Die posisionering van musici teenoor die horing was 'n geval van aanhoudende beweging volgens die dinamiek van die musiek en het die gevolg gehad dat bron en horing posisies nie stipuleer kon word nie. Gevolglik het daardie tekortkominge die volgende ontwikkelinge aangevuur, met bandopnames, die bekendstelling van mikrofone en uiteindelik rekenariseerde stelsels.

² Alhoewel die foonoutograaf-opnames nooit vir terugbeluistering bedoel was nie, het terugspeling van hierdie opnames vir die eerste keer in 2008 plaasgevind (Klooster, 2009:263).

³ Argiviste het die visuele inligting tot ouditiewe inligting omskep, maar weens die feit dat die persoon wie die spil gedraai het nie 'n konstante spoed gehandhaaf het nie, was die aanwending vir toonhoogteverstellings noodsaaklik (Klooster, 2009:263).

⁴ Volgens Thompson (1995:138) het hotel- en salon-eienaars muntslotte aan Edison se fonograaf-masjiene gekoppel, maar ondanks die sukses in die vermaaklikheidsbedrywe, het die fonograaf-verkope as gevolg van die tydsbeperking van twee tot vier minute per silinder, aanvanklik min kommersiële sukses geniet (Thompson, 1995:135).



Figuur 2.1: 'n Vroeë mikrofoon en bron opstelling met 'n fonograaf en 'n horing (Watkins, 1999:290)

2.1.2 Die Oorgang na Meerkanalige Opnames

Na Edison se fonograaf het dit bykans 22 jaar geneem voordat Valdemar Poulsen in 1898 gedemonstreer het hoe om klank deur middel van 'n magnetiseerde draad op te neem en terug te speel (Daniel *et al.*, 1999:15). Terselfdertyd was opname-tegnologie teen die begin van die 20^{ste} eeu ontwikkel tot waar die was-silinder en vroeë luidspreker genoeg intensiteit voortgebring het sodat opnames in groter publieke omgewings gespeel kon word (Mullin, 1977:697). Emile Berliner se aanpassing om eerder horisontale groewe op 'n skyf te graveer het 'n ommeswaai in die opnamepraktyk veroorsaak (Ignatov, 2004:2). Die plate het groot kommersiële sukses behaal en teen 1912 het Thomas Edison die Berliner model van grammofoon plaatvervaardiging begin volg ⁵ (Frayne, 1985:263; Ig-

⁵ Bell Laboratoriums het die vervaardiging van wasskywe verbeter deur eerder vertikale groefsnitte te implementeer, warm wasskywe in plaas van wasplate te gebruik en voor- en post-seinvereffening ingestel om attenuasie tot die sein-tot-ruis verhoudings aan te bring (Frayne, 1985:266).

natov, 2004:2). Die volgende fase van ontwikkeling in die opname-tegnologie was elektriese opnames. ⁶ E.C Wentse se alom-gerigte kapasitor-mikrofoon van 1917 was van seinversterkers afhanklik om opnames tot 'n bevredigende luidheid te versterk (Millard, 2005:140). Daardie vernuwing het bydraes tot die ontwikkelinge van die 1920's gelewer, waar dinamiese mikrofone sowel as alom-gerigte kapasitor mikrofone kommersieel ontwikkel was⁷ (Olson, 1976:1).

Ludwig Blattner het in 1929 die konsep van 'n magnetiseerde draad aangepas en 'n magnetiseerde lint vervaardig⁸ (Hillaby & Hillaby, 2013:100) (Mullin, 1964:697). Op daardie stadium het Fritz Pfeumer aan soortgelyke konsepte aandag gegee en 'n handelsooreenkoms met maatskappye AEG en BASF getref om die vervaardiging van magnetiseerde band-masjiene na te vors (Thiele, 1992:6). Die gevolg was die bekendstelling van die eerste band-opnamemasjiene in 1935, die Magnetofoon K1 (Schoenherr, 2002:5). Weens die hoë ruisvlakke wat 'n gevolg van die opname-band was, het AEG en BASF volgens Schoenherr (2002:6) oor die daaropvolgende jare gepoog om opname-bandmateriale en algemene sein tot ruis verhoudings te verbeter. In 1941 was die Magnetofoon K7, gepaard met 'n verbeterde opname-band bekendgestel en kon twee-kanalige opnames met 'n dinamiese omvang van 60dB oor 'n frekwensie spektrum van 50Hz-10 000Hz verrig word (Schoenherr, 2002:5; Thiele, 1988:5).

Tussen 1920 en 1940 het die aanwending van mikrofone tydens elektriese wassilinder en skyfopnames die horing uitfaseer, veral aangesien mikrofone toegelaat het dat sangers nie meer gedurig moes rond skuif om opnames suksesvol te voltooi het nie (Streicher & Dooley, 2003:211). Die gevolg was dat elektriese klankopnames met mikrofone teen die bekendstelling van die Magnetofoon K7, gevorderd genoeg was om die dinamiese omvang wat die magnetofoon en opname-band gebied het, ten volle te kon benut. Die impak van die kapasitor-mikrofoon en die moontlikheid vir meerkanalige bandopnames was volgens Shepherd & Horn (2012:246) dat die mikrofoon nie net musikale styl beïnvloed het nie, maar ook opname-tegnici en musici die geleenthede gebied het om met “plasing, balans en die soek na 'n nuwe klank” te kon eksperimenteer.

⁶ Lee de Forest het in 1906 die eerste drie-element triode ontwikkel, wat daartoe gelei het dat betroubare elektriese-seinversterkers ontwikkel kon word (Millard, 2005:140).

⁷ Alexander Graham Bell het die Volta Maatskappy gestig, waar die fokus daarop gerig was om verbeteringe aan die fonograaf aan te bring (Thompson, 1995:164). Met sy belangstelling in telekommunikasie het Bell in 1876 'n staaldraadje wat elektriese stroom tussen twee gehoorbuisse gelei het, gekoppel. Hierdeur was die stuur van sein in beide rigtings moontlik, maar steeds het hy die gebruik van 'n horing as spreekbuis sterk aanbeveel (Eargle, 2004:2).

⁸ Ludwig Blattner het hoofsaaklik beoog om 'n verbeterde opnameproses vir die produksie van films vir bioskope en uitsaainetwerke te ontwikkel (Mullin, 1964:697). Duitsland, die Verenigde Koninkryk en die Verenigde State van Amerika het in die 1920's tot 1940's navorsing en implementering van magnetiese draad- en band-masjiene gemaak, maar dit was eers nadat Poulsen se patentregte verval het tot Kurt Stille, 'n Duitse uitvinder en entrepreneur, in 1928 die eerste kommersiële klank-bandmasjiene vervaardig het (Daniel *et al.*, 1999:30) (Nmungwun, 1989:48).

teer (Shepherd & Horn, 2012:246). Die dinamiese omvang van bandmasjiene, veelbanige bande wat meer-kanalige opnames toegelaat het, asook die alom-en bi-gerigte mikrofone van die 1920's en 1930's, het die gevolg gehad dat stereo-paar mikrofoontegniese verder ontwikkel kon word.

Die ontwikkeling van meerkanalige opnames het vanuit die behoefte gespruit om die stereo-veld wat met twee-kanalige sisteme verrig was, te verbeter (Théberge, 2015:24) (Holman, 2014:5). Alan Blumlein het in 1934 van die vroegste standaard stereo mikrofoonopstellings ontwikkel, waar die Blumlein figuur-8 stereo-opstelling steeds algemeen in praktyk benut word (Holman, 2014:4). Deur twee bi-gerigte mikrofone met die poolpatroon-asse 90 grade teenoor mekaar te spasieer, het Blumlein effektief die eerste standaard twee-kanalige mikrofoonopstelling bepaal (Gerzon & Woram, 1976:36; Robjohns, 2010:1). Robjohns (2010) maak lesers daarop attent dat Blumlein ook met die MS (*mid-side*) stereopaar mikrofoonopstelling vorendag gekom het. Blumlein het in plaas van die verhoog tussen die linker en regter kante te verdeel, eerder 'n kardoïd mikrofoon na die verhoog gerig en 'n mikrofoon met 'n figuur-8 poolpatroon, horisontaal teenoor die kardoïd poolpatroon geplaas (Robjohns, 2010:1). In die 1950's was bioskope die eerstes om van stereo-opname tegnieke gebruik te maak, gevolg deur band, plaat en radio uitsendings vir algemene huishoudelike gebruik (Streicher & Dooley, 1985:548). Die Nederlandse en Franse uitsaaikorporasies, die Nederlandse Omroep Stichting (NOS) en Office de Radiodiffusion-Télévision Française (ORTF), het hul eie stereo-paar mikrofoontegniese ontwikkel en maak saam met die Blumlein tegnieke deel van algemene opname-praktyk⁹ (Eargle, 2004:181).

2.1.3 Die Invloed van 'n Digitale Opnamepraktyk

Die gehalte van opnamebande, plate en die hervervaardigingsprosesse daarvan, was teen die 1950's gevorderd genoeg sodat hoë gehalte opnames en die verkoop van daardie produkte 'n styging in aanvraag ondergaan het (Streicher & Dooley, 1985:548). Nijsen (1983:25) dui daarop dat die algemene verwerping op plate en opnameband weens gereelde gebruik, gesamentlik met magnetiese band se sensitiwiteit teenoor magnetiese velde, hewige tekortkominge was wat weens die kommersieële aanvraag tot hoër gehalte opnames deur tegnologiese vordering uitfasseer sou word.

IBM het in 1956 die eerste magnetiese band-hardeskyf ontwikkel waardeur die bal tot 'n digitale opnamepraktyk aan die rol gesit is (Moser *et al.*, 2002:157). Die bekendstelling van laserskywe in die 1980's het weer vervaardigers toegelaat om produkgehalte te kontroleer, sowel as om luisteraars 'n groter mate van “bevrediging en gerief” te bied (Stockham Jr, 1987:3). In die

⁹ 'n Meerkanalige opname verwys na mediasisteme wat meer as twee luidspreker kanale vereis, waar 'n veelbanige opname verwantskap met vier- en agt-baan bandopnames hou (Holman, 2014:5).

opnamepraktyk het die advent van ’n digitale praktyk dit moontlik gemaak om opnames oor die “hele hoorbare frekwensiespektrum te maak, sonder interferensie of distorsie, gepaard met uitmuntende dinamiek” (Nijssen, 1983:25). ’n Digitale opnamepraktyk sou nie sonder die berging en vinnige ontginning van inligting moontlik kon wees nie, in watter opsig Rumsey & McCormick (2006:271) redeneer dat alhoewel die berging van inligting op hardeskywe maklik en vinnig is, die klanklêers groot hoeveelhede digitale stoorspasie verg (sien tabel C.1).

Bemonstering	Resolusie	Bis-snelheid	Kapasiteit/min	Kapasiteit/uur
kHz	bits	kbit/s	MB/min	MB/uur
96	16	1536	11.0	659
88.1	16	1410	10.1	605
48	20	960	6.9	412
48	16	768	5.5	330
44.1	16	706	5.0	303
44.1	8	353	2.5	151
32	16	512	3.7	220
22.05	8	176	1.3	76
11	8	88	0.6	38

Tabel 2.1: Digitale berging van ’n enkel mikrofoon-sein as ’n klanklêer (Rumsey & McCormick, 2006:271)

2.2 Huidige Praktyk

Horning (2004:706) wys daarop dat die kuns van klankbron- teenoor ’n mikrofoonplasing op ’n “natuurlike wyse vanuit die plasing van klankbronne teenoor ’n opname-horing ontwikkel het”. Tydens ’n klankopname bepaal die posisie van ’n mikrofoon teenoor ’n klankbron grotendeels die opnamegehalte van daardie instrument se klank (Howard & Angus, 2009:181). Die toename in verskillende mikrofone wat kommersieel beskikbaar gestel word, het die gevolg dat opname-tegnici op ’n gereelde basis met die veranderlike kwaliteite van verskillende mikrofoon-modelle gekonfronteer word (Eargle, 2004:vii). Daar bestaan menigte modelle, elk met hul eie gerigtheids-eienskappe en alhoewel die poolpatrone dikwels relatief ooreenstem, is daar vele ander karaktereenskappe om oorweeg te word voordat ’n mikrofoon- en bron-opstelling finaliseer kan word (Boré & Peus, 1989:6). Die opsie om meerkanalige opnames te verrig,

gepaardgaande met die rekenaartoerusting waarmee 'n opname-ateljee toegeus is, lei daartoe dat 'n opstelling volgens 'n instrument of ensemble aangepas kan word (Whitaker & Benson, 2002:4.1). Die posisionering van klankbronne teenoor mikrofone en die afstande tussen daardie posisies het volgens Rabinovich (1936:199) 'n merkwaardige invloed op die “kwalitatiewe eienskappe” van 'n opname. Rabinovich (1936:199) het daardie verskynsel as die “effek van afstand” gedoop en wys daarop dat daardie veranderinge wat waargeneem word, grotendeels weens verskille in toonkleur en nagalm is. Gevolglik beïnvloed die posisionele oriëntering van mikrofone en klankbronne tydens die opstelling van 'n opname-sessie 'n reeks veranderlikes wat elk tot die gehalte van 'n opname bydra (Rabinovich, 1936:199).

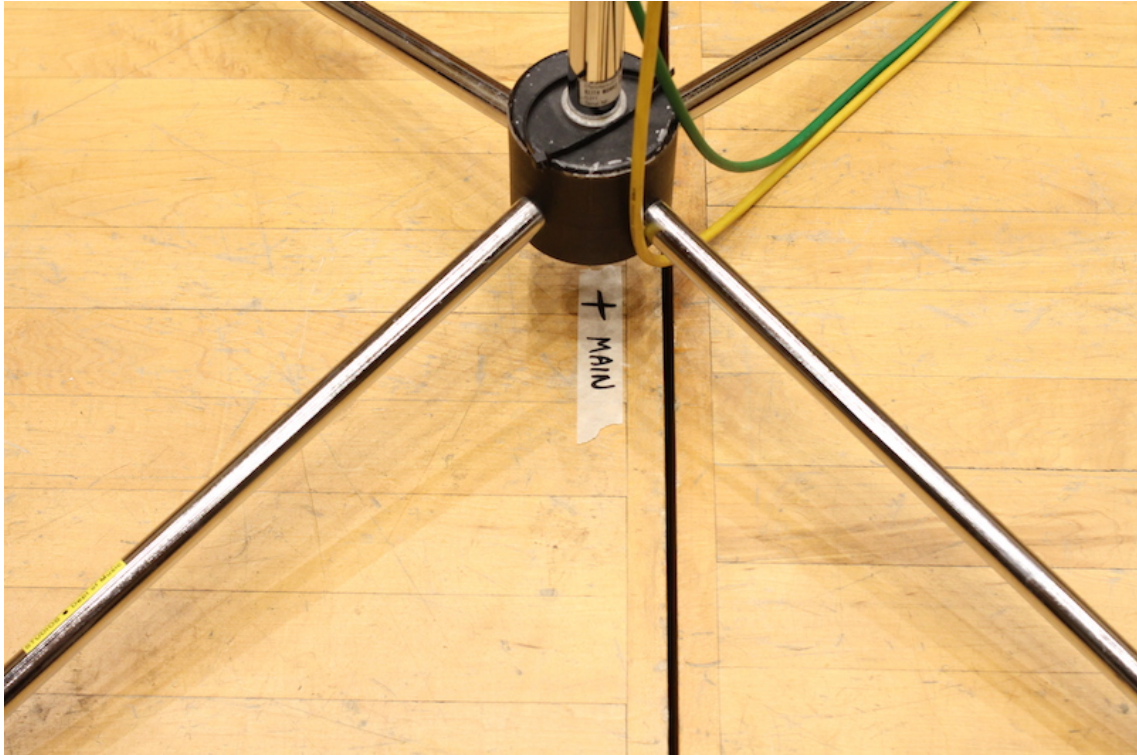
2.2.1 Posisionering in die Opname Praktyk

Die huidige stand van sake in terme van die posisionele kartering en herroeping van mikrofoon- en bronplasinge, is dat daar nie 'n standaard is wat gevolg word nie. Die opnamebedryf maak daarop staat dat opname-tegnici kennis van mikrofoon- en bronplasinge moet opdoen deur wyse van eksperimentering en ervaring (Horning, 2004:711). Standaard mikrofoonopstellings soos die ORTF, NOS en Blumlein opstellings verg verskillende vereistes vir die opstelling van die mikrofone teenoor mekaar, maar nie teenoor die klankbronne nie. Dit kan gesien word in voorbeelde soos die ORTF opstelling wat vereis dat twee mikrofone met kardioïd poolpatrone op 'n horisontale vlak, teen 'n hoek van 110° , met die diafragmas 170 mm vanaf mekaar gespaseer moet word, terwyl geen spesifikasies ten opsigte van klankbronposisies uitgelig word nie (Bartlett, 2013:581; Boré & Peus, 1989:53; Rumsey & McCormick, 2006:499). Die NOS opstelling vereis weer dat twee kardioïd mikrofone 300 mm vanaf mekaar teen 'n hoek van 90° geplaas moet word, waar die Faulkner opstelling van twee fig-8 poolpatroon mikrofone gebruik maak wat teen 200 mm vanaf mekaar geplaas moet word (Rumsey & McCormick, 2006:499). In al die bogenoemde gevalle word die verhoudings van die mikrofone teenoor mekaar duidelik gemaak, waar die posisionering van die klankbronne teenoor die mikrofone nie gespesifiseer word nie. Mikrofoon- en bronplasinge word onder andere deur die grootte van die instrument of ensemble, luidheid, mikrofoonafstand en nagalm bepaal, waar die keuse oor watter mikrofoon of mikrofoonpare aan te wend op grond van die verlangde plasingstegnieke berus (Huber & Williams, 1998:133; Whitaker & Benson, 2002:217).

2.2.2 Posisionele Merkers

Die tekort aan 'n sisteem waarvolgens mikrofoon- en bronplasinge karter en herroep kan word, het daartoe gelei dat individue en privaat-instansies hul eie metodes moes ontwikkel om posisionele inligting gedurende 'n opname-sessie te bepaal. 'n Voorbeeld daarvan is die algemene gebruik van maskeerband-

merkers om die posisie van voorwerpe aan te dui. Soos wat fig. 2.2 en fig. 2.3 ten toon stel, word maskeerband-merkers by Stellenbosch Universiteit Ateljees aangewend om die middelpunt van 'n mikrofoonstaander, die poolpatroon en naam van die mikrofoon aan te dui. Die tekort is dat dit slegs 'n korttermyn oplossing is, waar die maskeerband weens die gereelde gebruik van die opname-lokale verweer, skeur of lostrek. Gevolglik is maskeerband merkers bloot 'n tydelike asook slegs 'n gedeeltelike oplossing, aangesien mikrofoon hoogte en die hoek waarteen dit staan of hang moeilik bepaalbaar is.



Figuur 2.2: Maskeerband mikrofoon posisie-merkers

Die posisie van 'n klankbron teenoor 'n mikrofoon beïnvloed die toonkleur van 'n opname. In daardie opsig is dit van belang om nie net die mikrofoon-plasings te stip nie, maar ook om die posisie van die klankbronne te bepaal. Soos gesien kan word in fig. 2.3 word die posisie van die klankbron afgebaken ten einde die posisie tydelik te merk.

2.3 Die Ontwikkeling van Meting en Kartering

“It has always been this way with the map-makers: from their first scratches on the cave wall to show the migration patterns of



Figuur 2.3: Maskeerband klankbron posisie-merkers



Figuur 2.4: 'n Strykkwartet en klavier opname-sessie

the herds, they have traced lines and lived inside them" - Maya Sonenberg (Pickles, 2004:3)

2.3.1 Ontwikkeling van Meting

Antieke beskawings in die Midde-Ooste, soos Sumerië, Persië, Egipte en Babilon, het volgens Roche (1998:23) meeteenhede vir lengte, oppervlakte, kapasiteit en gewig ontwikkel. Die standaardiseerde eenhede wat ontwikkel was, het deur middel van plaaslike konvensies ontstaan en gevolglik was die onstandaardiseerde meeteenhede kwesbaar vir verandering (Berka, 1983:63). Na mate daarvan het wetenskaplike meting van die relevante kommersieel beskikbare eenhede gebruik gemaak (Roche, 1998:23). Volgens Bagrow (2010:197) het die Sjinese beskawing teen ongeveer 1100 v.C. reeds gevorderde kundigheid oor die kompas, sonhorlosie en waterpas beskik, en het hulle ook die wetenskap van waterpas-hellings verstaan¹⁰. Die eerste bekende standaardiseerde wetenskaplike meeteenheid, die Sjinese *li*, is tot $\frac{40}{39}$ van 'n metrieke voet lank en was ongeveer 90 jaar voor die Franse Akademie in 1791 die meter vir die eerste keer probeer standaardiseer het, gevestig (Beer *et al.*, 1961:27).

2.3.1.1 SI-Eenhede

Koning Louis XVI het in 1791 'n kommissie gestig om 'n universele weeg- en maatstelsel te bepaal. Die desimale metrieke stelsel se basis-eenhede van lengte en massa was op 'n natuurlike en universeel beskikbare model gegrond, sodat dieselfde basis-eenhede op enige plek op Aarde bepaal kon word (Mills *et al.*, 2006:2989). Die Internasionale Stelsel van Eenhede is die moderne metrieke maatstelsel. Dit word universeel as SI afgekort en is van die Franse titel *le Système international d'Unités* afgelei (of Weights *et al.*, 2001:iii). Hierdie stelsel skep die moontlikheid om numeriese waardes gelykwaardig tussen alle nasies en dissiplines uit te ruil. Om hoeveelhede samehangend te vestig word sewe basis-eenhede (fig. 2.2) gebruik waar ander SI eenhede daarvan afgelei kan word (Young, 1989:190).

Tans word die lengte van 'n meter gedefinieer as die afstand wat lig in 'n vakuum binne die tydsinterval $\frac{1}{299792458}$ voortplant, waar die spoed van lig in 'n vakuum gelyk is aan 299 792 458 meter per sekonde ($c_0 = 299792458\text{m/s}$)(of Weights *et al.*, 2001:18). Die bel en desibel (B; dB), waar $1\text{dB} = \frac{1}{10}B$ is, is 'n logaritmiese hoeveelheids-verhouding wat se numeriese waardes op grond van die dekadiese logaritme, $lg = \log_{10}$, bepaal word (of Weights *et al.*, 2001:35).

¹⁰Hebra (2003) wys op die vernuf van die antieke beskawings soos Sumirië en Babilon wat die sirkel in 360 dele verdeel het en daardeur 'n konvensie gevestig het wat tans steeds standaard in praktyk is.

Fisiese Hoeveelheid	Basis eenheid	SI Simbool
lengte	meter	m
massa	kilogram	kg
tyd	sekonde	s
aantal materie	mol	mol
termodinamiese temperatuur	kelvin	K
elektriese stroom	ampere	A
ligsterkte	candela	cd

Tabel 2.2: Die sewe SI basis-eenhede (Young, 1989:190)

2.3.2 Die Geskiedenis van Kartering

Die aanwending van grafika vir die uitbeelding van gevalle wat met visuele en ruimtelike oriëntasie verband hou, blyk reeds vanuit antieke tye (Tversky *et al.*, 2002:247). Van die vroegste kaarte was geteken om die verspreiding van gebiede op Aarde visueel weer te kon gee (Thrower, 2008:1). Woodward (1987:2) wys daarop dat kartografie vanuit twee oortuigings gespruit het. Die eerste was 'n dekoratiewe fase waar kartering onakkuraat was, maar die kaarte esteties bevredigend gelyk het, waar die tweede 'n wetenskaplike fase was met die wegdoening van die meerderheid dekoratiewe eienskappe (Woodward, 1987:2). Vir die ontwikkeling van wetenskaplike kaarte was die akkurate weerspieëling van 'n geografiese realiteit die hoofsaaklike doelwit (Turnbull, 1996:6). Eratosthenes het in ongeveer 300 v.C. die eerste bekende bolvormige kartering van die Aarde gemaak. Hierdeur het hy kartering tot 'n wetenskaplike veld ontwikkel. Na hom, in die eeu 200 v.C., het Hipparchus vir die eerste keer klem op die wetenskaplike belang van lengte- en breedtegrade tydens kartering gelê (Wright, 1923:75).

Voordat dit moontlik was om vanuit 'n vliegtuig 'n lugfoto van 'n gebied te neem om dit te karteer, was algemeen bekende landmerke gebruik om relatiewe afstande te skat en op kaarte aan te dui (Kjellstrom & Elgin, 2009:12). Kjellstrom & Elgin (2009:12) brei uit deur daarop te wys dat dit eers met die ontdekking van magnetiese velde in die 1200's was wat karteerders toegelaat het om meer akkuraat die posisie van voorwerpe met 'n karteerde gebied te bepaal. Bo en behalwe die tegnologiese verbeteringe wat daarna aan die kompas gebring is, was dit nie tot die revolusionêre metode van lugfotografering vanuit vliegtuie en vanaf satelliete wat die kartografie 'n nuwe standaard bereik het nie (Kjellstrom & Elgin, 2009:12).

2.4 Tegniese Vereistes: Meganiese Aspekte wat Plasing Beïnvloed

"There is no right mic for the job, as microphone selection is highly subjective" - Steve Savage (2011:22)

'n Mikrofoon is 'n elektro-akoestiese toestel wat deur wyse van 'n transduktor klankgolwe na elektriese sein omskakel (Whitaker & Benson, 2002:183). Deur die beweging van die mikrofoon-diafragma te induseer word daardie transduktor gedryf deur die bewegings na elektriese sein te omskep (Bauer, 1987:246). Tans bestaan 'n oorweldigende verskeidenheid mikrofone waar verskillende opnames toepassings vereis waar die mikrofoon se grootte, vorm, poolpatroon en frekwensie-omvang plasing grotendeels beïnvloed (Whitaker & Benson, 2002:177).

Mikrofoon- en bronplasing poog om 'n algehele balans van die klankbron te handhaaf, waar daardie balans onder andere deur die grootte van die klankbron, luidheid, mikrofoonafstand, ensemble-spel teenoor solospel asook die nagalm van die opnamelokaal bepaal word (Huber & Williams, 1998:133). Die keuse van watter mikrofoon of mikrofoon-pare vir 'n opname aangewend word, wissel weer met die verlangde plasingstegniek (Whitaker & Benson, 2002:217). Die mikrofone wat aangewend word, word beslis op grond van die verskillende eienskappe waaroor 'n betrokke mikrofoon beskik, soos of dit aktief of passief is, die elektriese energiebron wat dit vereis, transduktor-tipe, diafragma verplasing, poolpatroon en grootte (Schneider, 2010:1). 'n Foutiewe plasing of ongewenste inherente mikrofooneienskappe kan tot probleme in opnames lei wat nie noodwendig deur seinvereffeningstegnologie reggestel kan word nie (Boré & Peus, 1989:5).

Ten einde die parameters vir die ontwerp van 'n mikrofoon en klankbron kartering en herroeping sisteem te bepaal, is dit nodig om ondersoek in te stel hoe sekere aspekte 'n mikrofoon- en klankbronplasing beïnvloed word. Dit is ook van belang om daarop te let dat so 'n stelsel effektief die kartering en herroepingsproses eenvoudig moet hou, so akkuraat as moontlik wees, vinnig wees om op te stel en so goedkoop as moontlik wees om te implementeer.

2.4.1 Transduktors

Die transduktor in 'n mikrofoon skakel die verskil in bewegings wat op 'n diafragma uitgeoefen word, na elektriese sein om (Sank, 1985:514). Olson (1976:2) noem dat 'n mikrofoontransduktor die verskil in beweging van 'n opwekkingselement na ooreenstemmende verskille in elektriese sein omskakel. In die opname-ateljee word twee hoofsaaklike transduktore aangewend, naamlik druk- en druk-gradiënt transduktore (Peus, 1997:5). 'n Derde maar minder gewilde transduktor-tipe, naamlik piëzo-elektries, word ook soms aangewend (Olson, 1976:15).

Druk-transduktors skakel die vibrasies wat deur 'n bewegende klankgolf op 'n mikrofoon-diafragma veroorsaak word, na elektriese sein om (Olson, 1931:56). Die diafragma is oop aan een kant ten einde gelyke reaksies as gevolg van klankdruk, ongeag die rigting van daardie verskille, te lewer. Hierdie mikrofoontipe besit geen gerigtheidseienskappe nie en is daarom alom-gerig (Boré & Peus, 1989:11). Hoe verder 'n klankbron na die geslote kant van die diafragma beweeg, hoe meer neig klankgolwe met golflengtes wat dieselfde mates as die diafragma besit, tot 'n verlies aan hoë-frekwensie-inligting (Rumsey & McCormick, 2006:54).

Druk-gradiënt (gerigte) transduktors skakel die verskil in lugdruk tussen twee punte na elektriese sein om. Die elektriese uittree van hierdie transduktor stem ooreen met die druk-gradiënt wat by die diafragma voorkom. Weens hierdie transduktors se gerigtheids eienskappe is die verskil in druk van die invalshoek teenoor die poolpatroon se as afhanklik (Schneider, 2010:1; Olson, 1967:420; Boré & Peus, 1989:9;11). Dit is daarom ook nodig om die mikrofoon-diafragma in 'n geslote volume te plaas ten einde interferensie te minimaliseer (Wuttke, 1992:1).¹¹

Deur middel van twee kristalle wat op geleidende plate aan mekaar vas sement is en as bimorf-selle dien, skakel 'n piëzo-elektriese (druk-elektriese) transduktor klankenergie na elektriese sein om (Olson, 1976:15). Die elektriese veld wat deur piëzo-elektriese transduktors produseer word, is 'n direkte gevolg van die meganiese kragte wat op 'n mikrofoon uitgeoefen word (Pauzin & Biron, 1985:1). Geen eksterne kragtoevoer word weens hierdie rede verlang nie, waar die mikrofoon-sel se uittree-sein proporsioneel tot die amplitude van die verplasing van die kristalle is (Boré & Peus, 1989:8; Ballou, 2013:1030).

2.4.2 Mikrofoongerigtheid en -Polariteit

Mikrofoongerigtheid dui op hoe sensitief 'n mikrofoon met 'n verandering van die invalshoek teenoor die poolpatroon-as is (Huber & Runstein, 2013:119). Bartlett (2013:83;2) wys daarop dat mikrofone met verskillende poolpatrone verskillend reageer, afhangend van die mikrofoon se posisie teenoor die klankbron en dat die klank kwaliteit grootliks hiervan afhang. Volgens Ballou (2013:493) kan daardie poolpatrone onder drie groepe van gerigtheid georden word, naamlik:

- **Alom-gerig** - Klank word eweredig van alle rigtings opgetel
- **Figuur-8** - Tel klank gelyk van voor en agter (0° - 180°) op, maar niks van die kante af nie (90°)

¹¹Druk-gradiënt transduktors in mikrofone beskik oor 'n hoër stroomweerstand asook 'n frekwensie-afhanklike nie-linieêre lading. Om hierdie rede word voorversterking deur middel van 'n buis-, linieêre- of klank-transformator gedrewe stelsel aangebring (Nielsen *et al.*, 2013:1; Tozer, 2004:399).

- **Niervormig** - Die mikrofoon reageer slegs tot klank van een rigting

Polariteit wissel tussen 0° en 180° , waar fase tussen 0° en veelvoude van 360° wissel (Klipsch, 1961:28). Kock *et al.* (2011:2) noem dat gerigtheid 'n meting is wat 'n mikrofoon se relatiewe sesitiwiteit vir 'n klankgolf se invalshoek teenoor die poolpatroon-as voorstel. 'n Alomgerigte mikrofoon reageer effektief teenoor klankgolwe met enige invalshoek en besit 'n gerigtheids-indeks van een. Direksionele mikrofone beskik oor 'n indekssyfer van minder as een en wissel met frekwensie-verandering (Mason & Marshall, 1939:212). Die gerigtheids-indeks vir alomgerigte asook bi-gerigte mikrofone kan volgens Kock *et al.* (2011:2) bereken word, waar:

- Γ_O - die gerigtheid van 'n alomgerigte mikrofoon en
- Γ_8 - die gerigtheid van 'n bi-gerigte mikrofoon en
- θ - die invalshoek van 'n klankgolf teenoor die poolpatroon-as voorstel.

$$\Gamma_O \theta = 1 \quad (2.4.1)$$

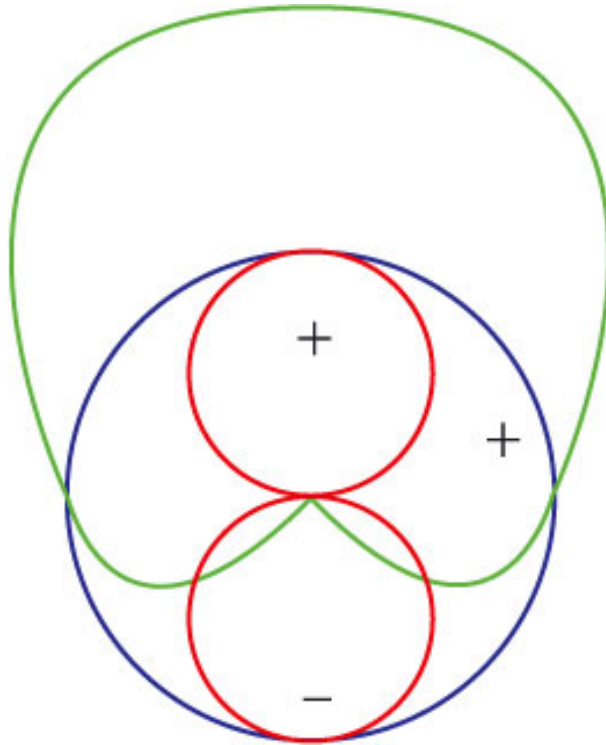
$$\Gamma_8 \theta = \cos \theta \quad (2.4.2)$$

Direksionele mikrofone word dikwels verlang wanneer geraas of ongewenste nagalm en akoestiese seine in 'n opname vermy wil word (Sessler *et al.*, 1989:2063). Harry Olson het in 1933 'n bi-gerigte (figuur-8) lintmikrofoon aangepas ten einde 'n gerigte mikrofoon te produseer. Hierdeur kon hy die verhouding tussen die direkte en reflekteerde klank tydens 'n opname verbeter (Weinberger *et al.*, 1933:139). Uni-direksionele (niervormige) mikrofone met 'n enkele diafragma is in 1935 deur Braunmuhl en Weber ontwerp en in 1938 deur Olson (Beranek, 1954:626).

2.4.3 Standaard Mikrofoonplasing

Huber & Runstein (2013:130) wys daarop dat verskillende poolpatrone verskillende plasing vereis en dat daardie plasing aangepas kan word ten einde die estetiese verwagtinge van die opname te voldoen. Daar bestaan volgens Huber & Runstein (2013:130) posisie-style waar die belangrikstes onderskei word as:

- **Ver plasing** - Verder as drie voet vanaf 'n klankbron.
- **Nabye plasing** - Twee en 'n half sentimeter tot drie voet vanaf klankbron.
- **Aksent plasing** - 'n Mikrofoon gerig op 'n individuele instrument in 'n ensemble of groep.
- **Omring plasing** - Mikrofoonpare in die middel van 'n ensemble of lokaal.



Figuur 2.5: Drie basiese poolpatrone (Alom-gerig (blou), Figuur-8 (rooi), Niervormig (groen)) (White, 2007)

2.4.3.1 Dubbele Mikrofoon Samevallende Tegnieke

- **XY en Hiperniervormige poolpatrone** - Die mikrofoonpaar word oor die algemeen tussen 60° en 120° teenoor mekaar posisioneer, waar die spesifieke hoek waarteen die mikrofone gerig is, die wydte van die stereobeeld bepaal (Whitaker & Benson, 2002:437). Die aanwending van X en Y kan ook met A en B vervang word om tussen die linker en regter mikrofone onderskeid te tref (Rumsey & McCormick, 2006:487).
- **Blumlein** - Alan Blumlein het in die 1930's (tydens van die vroegste stereo opnames) twee figuur-8 poolpatroon lintmikrofone loodreg (90°) teenoor mekaar geplaas (Ballou, 2013:543). Ballou (2013:543) wys daarop dat indien die klankbron as A en B (van links en regs) projekteer, sal sein A deur mikrofoon B opgetel word en sein B deur Mikrofoon A.
- **XY gekruisde figuur-8** - Twee figuur-8 poolpatroon mikrofone word tussen 60° en 120° teenoor mekaar geplaas. Hierdie tegniek tel weens die bi-gerigtheid van beide mikrofone direkte klank sowel as die nagalm in die opname-lokaal (Whitaker & Benson, 2002:437).

- **MS-stereo** - Hierdie tegniek¹² maak van twee verskillende mikrofone gebruik, waar M (middel komponent) enige poolpatroon mag besit, maar die S (sye van verhoog) komponent 'n figuur-8 poolpatroon moet besit (Whitaker & Benson, 2002:437). Mikrofoon M word na die middel van die klankbron gerig terwyl mikrofoon S (figuur-8 poolpatroon) weens die bi-gerigtheidseienskappe lateraal teenoor mikrofoon M posisioneer word (Talbot-Smith, 2001:282). Talbot-Smith (2001:282) wys ook op die noodsaaklikheid van 'n matriks-eenheid vir die omgeswaai van die omgekeerde sein van mikrofoon S indien die betrokke mikrofone nie spesifiek vir MS opstellings ontwerp is nie.

2.4.3.2 Dubbele Mikrofoon Nabye Samevallende Tegnieke

- **ORTF** - Hierdie tegniek was deur die Franse Uitsaai Korporasie (Office de Radio-Television Diffusion Francaise) ontwikkel (Eargle, 2004:179). Die plasing is vir twee mikrofone met niervormige poolpatrone wat teen 110°, 17cm van mekaar gespasieer is (Rumsey & McCormick, 2006:499).
- **NOS** - Die plasing is deur die Nederlandse Uitsaai Korporasie (Nederlandsch Omroep Stichting) ontwerp (Eargle, 2004:179). Die mikrofone word 30cm van mekaar teen 'n hoek van 90° geplaas. Die gevolg is groter fase-verskille wat tot 'n groter stereobeeld en meer meesleurende resultate as ORTF lei (Corbett, 2014:132).
- **Faulkner** - In 1979 het Olson en Faulkner 'n 180°-stereo rangskikking uitgevind (Eargle, 2004:179). Die Faulkner opstelling verg die plasing van twee figuur-8 mikrofone 20cm van mekaar, direk op die klankbron gerig (Talbot-Smith, 2001:292).

2.4.3.3 Dubbele Mikrofoon Spasiëerde Tegnieke

- **Spasiëerde Alom-gerigte poolpatrone** - Alom-gerigte mikrofone word tot ongeveer 'n derde tot die helfte van die middel na die kant van die verhoog geplaas. Die wydte waarteen die mikrofone geplaas word hang van die grootte van die klankbron af, maar wissel gewoonlik tussen twee tot tien voet vanaf die middellyn van die verhoog (Whitaker & Benson, 2002:443).
- **Spasiëerde Niervormige poolpatrone** - Soortgelyk aan Spasiëerde alom-gerigte poolpatrone, word niervormige poolpatroon-mikrofone eerder aangewend (Whitaker & Benson, 2002:443; Boré & Peus, 1989:34).

¹²Whitaker & Benson (2002:437) maak die leser daarop attent dat die MS opstelling 'n meng-ingenieur die meeste beheer oor 'n stereo-opname bied. Hy reken dat dit weens die direkte klank van die M komponent en die meer nagalm-bevlekte S komponent is wat 'n opname-tegnikus meer beheer na 'n opname toelaat.

- **Spasiëerde Hiper-Niervormige Poolpatrone** - Teenoor 'n niervormige poolpatroon is 'n hiper-niervormige¹³ poolpatroon meer gerig wat daartoe lei dat dit direkte sein van verder af kan opneem (Whitaker & Benson, 2002:443).

2.4.4 Sein-tot-Ruis Verhoudings

'n Sein-tot-ruis verhouding word as die verskil in desibel tussen die sein-vlak en ruis-vloer geag, waar 'n hoër verskil tot 'n suiwerder opname lei (Bartlett, 2013:36). Ruis kan weens 'n verskeidenheid redes tydens 'n opname ontstaan, waar wind en weersomstandighede, elektro-magnetiese interferensie, foutiewe kragvoorsiening en klimaat veranderinge die algemeenste bydra (Schneider, 2004:1). Wanneer ruisvlakke onder die drumpel van hoorbaarheid plaasvind, kan die opname in 'n psigo-akoestiese sin as ruisloos geag word (Fielder, 1982:504).¹⁴

Interferensie en ruis kan as 'n gevolg van kapasitor-mikrofone se inherente lae uittree seinvlakke, die nodigheid van klankversterking asook weens die aanwending van lang kables tydens opnames ontstaan (Völker & Teuber, 2000:5241). Indien 'n kabel ongebalanseerd is, kan magnetiese of elektriese interferensie die mikrofoonsein belemmer. Balanseerde mikrofone word daarom aangewend aangesien die twee interne geleiers die interferensie gelyk verdeel, waar die interferensie na die uittree van die mikrofoon-transformator verdwyn (Wuttke, 2009:2).

2.5 Klankvorming en Persepsie

2.5.1 Nabyheidseffek

Indien 'n klankbron nader as ongeveer 50 cm aan 'n mikrofoon geplaas word, lei 'n gerigte poolpatroon daartoe dat beklemtoonde bas in die opname herproduseer word (Rumsey & McCormick, 2006:50). Hierdie verskynsel staan as nabyheidseffekte bekend en gebeur as gevolg van fase- en amplitude-verskille wat as gevolg van die inverse-vierkantswetbeginsels ontstaan (Howard & Angus, 2009:399; Tozer, 2004:400). Volgens Schneider (2010:5) ontstaan 'n verskil van meer as 14dB by lae-frekwensies tussen die 0° en 90° -asse van direksionele mikrofone.

Wanneer lugdrukverskille in intensiteit tussen die voor- en agterkant van 'n mikrofoondiafragma wissel, kan daardie verskille by druk-gradiënt mikro-

¹³Whitaker & Benson (2002:443) wys dit uit dat die presiese hoek, mate waarteen agterstepool klank opneem sowel as die hoeveelheid harmoniese verkleuring van die opgeneemde klank word als deur die spesifieke mikrofoon bepaal

¹⁴Om 'n opname as ruisloos te ervaar, word 'n dinamiese omvang van 118 dB bo 'n witrui-vloer verlang (Fielder, 1982:504).

foonplasing nader as tien sentimeter aan 'n klankbron ook hoë-frekwensie fasekansellering veroorsaak (Milanov & Milanova, 2007:1; Ballou, 2013:497). Die effek en intensiteit van hierdie effekte hang van die rigting van die klankgolf teenoor die mikrofoon se akoestiese as af (Milanova & Milanov, 2001:6).

Daar bestaan verskeie wyses om die nabyheidseffekte te minimaliseer. Tradisioneel word 'n hoog-deurlaat filter gebruik om ongewenste lae-frekwensie inhoud uit te sny, maar hierdie metode neig om tot toonkleur veranderinge te lei (Clifford & Reiss, 2011:1). Mikrofone met gradiënt- sowel as druk-komponente verminder die nabyheidseffekte, maar die hoeveelheid waarmee dit verminder hang weer van die verhouding tussen die druk- en gradiënt komponente af. Indien 'n mikrofoon met 'n niervormige poolpatroon en gelyke komponente aangewend word, word die effekte teenoor 'n figuur-agt poolpatroon halveer. Deur 'n figuur-agt mikrofoon 90° teenoor die bron te draai, sal die nabyheidseffekte weens die afwesigheid van 'n gradiënt verminder (Josephson, 1999:4).

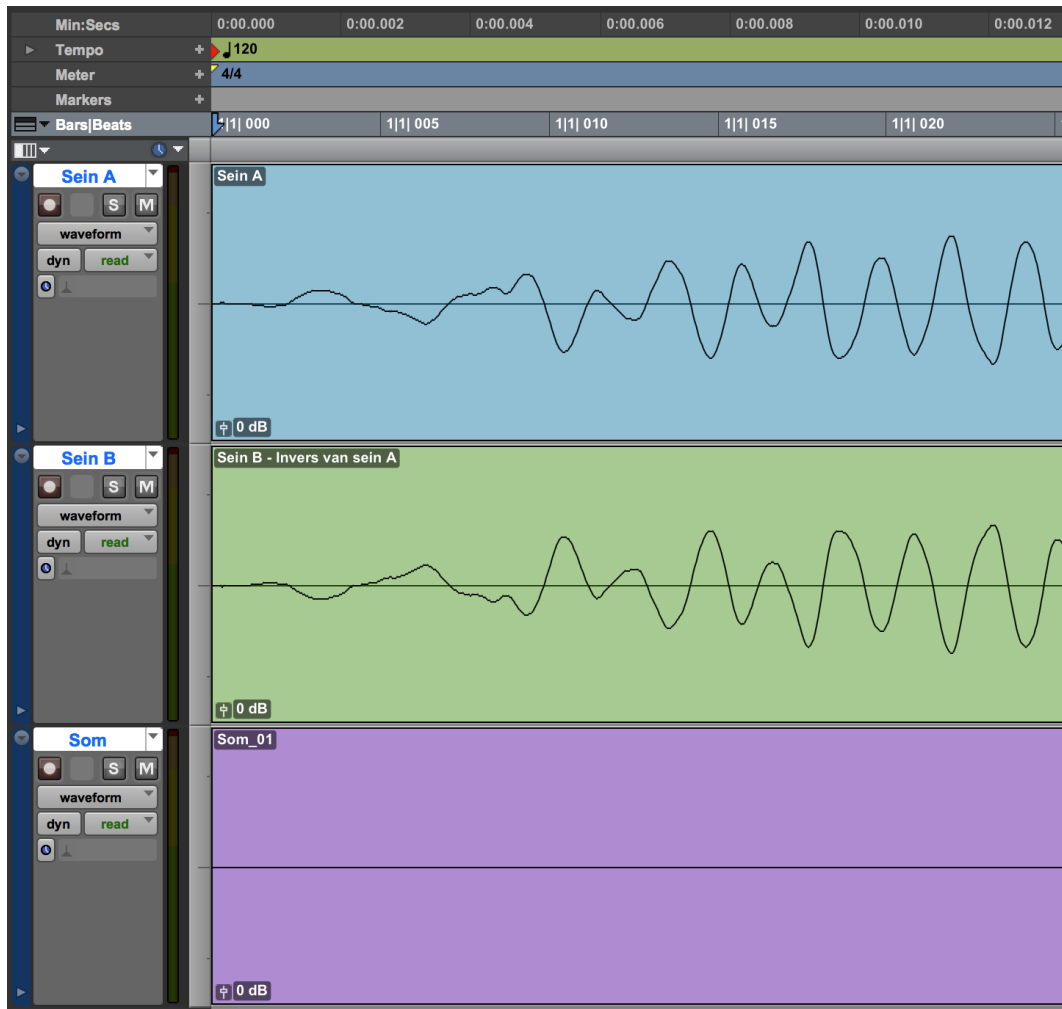
Nabyheidseffekte is nie in alle gevalle ongewens nie. In die geval van tromopnames kan nabyheidseffekte as gevolg van die beklemtoonde lae-frekwensies 'n warmer klank tot gevolg hê, waar 'n plasing verder vanaf die tromme meer klem op hoë-frekwensies plaas (Huber & Runstein, 2013:161). Die beklemtoonde bas-frekwensies word ook deur opgeleide sangers aangewend om swakker lae-frekwensies te versterk waar klassieke-musiekopnames naby mikrofoonplasinge aanwend om oortollige nagalm deur die direkte klank te maskeer (Self, 2009:550; Bartlett, 1983:1).

2.5.2 Fase

Elektriese sein word in terme van tyd, frekwensie of as 'n kombinasie van hierdie gebiede uitgedruk, waar 'n volledige sinusgolf ossilasie in grade gemeet en as 360° uitgedruk word. Sinusvormige seinkwaliteite stem weer wiskundig met die mens se persepsie van toonkleur en toonhoogte ooreen. Hierom wend analoog-stelsels die eienskappe aan ten einde die frekwensie van 'n klankgolf na sinusvormige elektriese seine om te skakel (Dash & Fricke, 2010:1; (Holman, 2010:9)). Fase is die verhouding van 'n sinusgolf tot 'n bekende tydstep of die verhouding van een sinusgolf teenoor 'n ander (Davis & Davis, 1989:2). Whitaker & Benson (2002:11) wys daarop dat 'n 90° skuif in fase gelyk aan 'n kwart-golfperiode is. Dit is dus moontlik om te sê dat fase die posisie van 'n sinusgolf relatief tot die tydsduur van 'n volledige ossilasie is (Dash & Fricke, 2010:28).

Wanneer twee klankgolwe van gelyke amplitude en frekwensie 180° uit fase met mekaar is, dan sal die twee golwe weens teenoorgestelde polariteite mekaar uitkanselleer (sien fig. 2.6) (Evans, 2011:17). Andersom gestel, wanneer twee identiese klankgolwe in-fase kombineer word, vind 'n verdubbeling in amplitude plaas (Bartlett, 2013:19). 'n Toename in fase-verskille tydens beluistering oor luidsprekers bemoeilik ook klankbeeld-lokalisering, waar 'n fase-verskil van meer as 90° by 'n luisteraar 'n hoë mate van onsekerheid veroorsaak (Matsu-

daira & Fukami, 1973:792). Indien twee luidsprekers dieselfde sein uit fase speel, sal die stereobeeld na die luidspreker met die leidende fase skuif (Matsudaira & Fukami, 1973:796).



Figuur 2.6: Fase kansellasië: 'n Oorspronklike sein word met 'n inverse kopie daarvan gesommeer

Die omskepping van energie bied vir 'n klank ingenieur die moontlikheid om daardie seine te kan manipuleer en sommeer ten einde aan die estetiese verwagtinge van die opname te voldoen (Aichinger *et al.*, 2011:1). Seinvereffeningstegnologie met 'n linieêre fase-reaksie word tydens klankopnames verkies, aangesien daardie rekenaarstelsels 'n hoër mate van getrouheid tot die fase-verhouding van verskillende mikrofoonseine toon (Azizi, 1997:1). Wanneer 'n sein met 'n tydsvertraagde kopie daarvan gekombineer word, het dit 'n

kamfilter-effek tot gevolg. Die periodiese verandering van hierdie tydsvertra-
ging het 'n musikale effek, *flanger*, tot gevolg (Martin, 2002:2).

2.5.3 Maskeringseffekte

Wanneer 'n enkele klank waargeneem word, verminder 'n luisteraar se vermoë
om dit van 'n tweede klank te onderskei (Fletcher, 1938:276). Miller (1947:105)
definieer maskerings-effekte as die verandering in die drumpel van hoorbaar-
heid van 'n maskeerde klank weens die teenwoordigheid van 'n maskerende
klank.

Die effektiëste maskeringseffekte vind plaas hoe nader 'n ruis-band in die-
selfde bandwydte as 'n toon gespeel word. Hierdie bandwydte staan as die
kritiese-band bekend. Dit word ook gedefinieer as die band waar 'n toename
in ruis oor die frekwensie omvang buite die kritiese-band nie tot maskeringsef-
fekte bydra nie. Gevolglik lui die definisie verder dat die kritiese-bandwydte se
absolute drumpel gelyk aan die klankdruk van 'n toon in die middel-frekwensie
van die band is (Bilger & Hirsh, 1956:623; Hawkins Jr & Stevens, 1950:1). Die
bandwydte wat deur ruis maskering benodig word om bevredigende resultate
te lewer, is proporsioneel tot die smaller bandwydte van 'n suiwer toon (Green-
wood, 1961:48). Indien 'n toename in ruis-intensiteit plaasvind, verhoog die
maskeringsdrumpel en verlaag die oorspronklike toon se onderskeibaarheid,
veral met luidheidsverskille van minder as 20 dB (Wun & Horner, 2001:252).

Indien 'n klankbron se direkte sein in 'n vertrek waargeneem word, kan
daardie sein die kamer refleksies maskeer. Deur die refleksies se luidheid tot
bo die maskeringsdrumpel te verhoog, word veranderinge in toonkleur, luid-
heid asook ruimtelikheid beïnvloed (Blauert *et al.*, 2001:2). Wanneer 'n toon
se frekwensie halfpad tussen twee maskerende tone van gelyke intensiteit in die
kritiese bandwydte gespeel word, veroorsaak 'n toename in frekwensie-verskille
tussen die maskerende tone 'n lineêre afname in die maskeringsdrumpel. In
die geval van twee- en vier-toon maskering is die mate van maskering afhank-
lik van die luidheid en frekwensie-omvang van maskeerende-tone sowel as elke
onafhanklike toon se bydraes (Canahl Jr, 1971:471).

2.6 Klankvorming en Akoestiek

2.6.1 Inverse-vierkantwet

Hoe nader 'n mikrofoon aan 'n klankbron geplaas word, hoe meer neem die
klankdrukvlak by die diafragma toe. Hierdie verandering is onafhanklik van
frekwensie (Bartlett, 1988:9). Die inverse-vierkantwet vir klank kan daarom
as 'n afname in 'n golffront se krag per eenheid oppervlakte met 'n toename
in afstand vanaf die bron gedefinieer word (Rumsey & McCormick, 2006:18).

Dit gebeur weens die feit dat hoe verder klankgolwe vanaf 'n bron voortplant, hoe meer die klankgolwe sal uitsprei (Bartlett, 2013:17).

Klankenergie word teoreties deur 'n alom-gerigte puntbron in 'n vryeveld in 'n sferiese rigting uitgestraal, mits geen belemmeringe in 'n klankveld bestaan nie (Talbot-Smith, 2001:31; Whitaker & Benson, 2002:21). Op grond hiervan word die intensiteit van klankdruk deur die oppervlakte van 'n sfeer ($4\pi r^2$) gedeel, waar die radius die afstand vanaf die bron is (Whitaker & Benson, 2002:21). Talbot-Smith (2001:31) wys daarop dat klankdruk-intensiteit I met die kwadraat van die afstand D vanaf die klankbron afneem, en dus bereken kan word as:

$$I \propto \frac{1}{D^2} \quad (2.6.1)$$

Bartlett (1988:9) toon hoe om die verskil in klankdrukvlakke tussen twee verskillende punte vanaf 'n klankbron te bepaal:

- ΔSPL - Die verandering in klankdruk intensiteit,
- D_1 - Die afstand vanaf mikrofoon een tot by die klankbron,
- D_2 - Die afstand vanaf mikrofoon twee tot by die klankbron voorstel.

Om die klankdrukvlak as 'n verhouding uit te druk:

$$\Delta SPL = \frac{D_1}{D_2^2} \quad (2.6.2)$$

Om die verskil in klankdrukvlakke in desibel uit te druk:

$$\Delta SPL = 10 \log \frac{D_1}{D_2^2} \quad (2.6.3)$$

$$\Delta SPL = 20 \log \frac{D_1}{D_2} \quad (2.6.4)$$

'n Klankbron wat oor 'n gerigtheidindeks van twee op die as van maksimale straling beskik, straal dubbel die hoeveelheid krag per eenheid oppervlakte uit as 'n alom-stralende klankbron (Rumsey & McCormick, 2006:21). 'n Toename in die afstand tussen die klankbron en waarnemer lei tot 'n groter energie verspreiding as gevolg van 'n groeiende oppervlakte tydens klankvoortplanting.

Dit lei tot 'n verlies aan klankdrukvlakke van ongeveer 6 dB vir elke verdubbeling in afstand vanaf die klankbron (Bartlett, 2013:17). Zahorik & Wightman (2001:78) het bevind dat die totale klankdruk van die direkte klank in konsertsale met 5 dB oor afstande van tien tot veertig meter afneem, waar die nagalm met slegs 2 dB oor dieselfde afstande afneem. Met 'n bron tot mikrofoon afstand van 30 cm, sal 'n verskuiwing van 2.5 cm tot 'n verskil van 0.72 dB lei (Ballou, 2013:519).

2.6.2 Nagalm

Nagalm het 'n beduidende invloed op die akoestiese optrede van 'n verskeidenheid toepassings binne gegewe ruimtes. Die omringende klankveld bepaal die verstaanbaarheid van 'n toespraak, die kwaliteit van musiek in ouditoriums en die ruisvlakke in kantore (Rafaely, 2004:3). Tydens klankopnames kan nagalm ook daartoe lei dat die werkverrigting van die seinvereffenings tegnieke gekortwiek word (Betlehem & Abhayapala, 2005:2100). Wallace Sabine¹⁵ het baanbrekerswerk in die veld van nagalmtye en die berekening daarvan vir konsert sale verrig. Hy het op drie aspekte gewys wat die akoestiek van konsert sale beïnvloed naamlik luidheid, balans en nagalm tydsduur (Wu *et al.*, 2002:1; Klepper, 1990:47). Die Sabine vergelyking verwys na nagalm tydsduur as die tydsduur wat klank neem om met 60 dB, of altans tot 'n miljoenste van die oorspronklike klankdruk, af te neem (Klepper, 1990:47). Die getal 60 dB is Sabine se aanduiding van hoeveel klank se intensiteit moet verminder om tot onder die drumpel van hoorbaarheid te daal (Beranek, 1988:920).

Rumsey & McCormick (2006:22) dui op die twee aspekte van die Sabine vergelyking, waar die grootte van die vertrek en die lugabsorpsie 'n rol speel. Vir die eenvoudige berekening van nagalmtyd van 'n vertrek word die vergelyking gegee as:

$$RT_{60} = \frac{(0.16V)}{A} \text{sekondes} \quad (2.6.5)$$

waar:

- RT_{60} - Nagalm tydsduur
- A - Totale absorpsie

¹⁵Professor Wallace Sabine van Harvard Universiteit het in die vroeë 1900's menigte kwantitatiewe studies oor nagalm in die veld van argitekturele akoestiek voltooi. Sy afleidings en gevolgtrekkings word steeds vir die berekening van nagalm aangewend (Shankland, 1977:13). Na Sabine het 'n reeks individue bydraes tot nagalm en die berekening daarvan gelewer, waar Carl Eyring en Sabine se nagalm-vergelykings die fondasie vir verdere navorsing gelê het (Lacatis *et al.*, 2008:2152).

- V - Volume van vertrek
- x - Absorpsie faktor van lug

Indien 'n bepaalde vertrek met groter afstande tussen die oppervlaktes se nagalm tydsduur bepaal wil word, is dit nodig om lugabsorpsie in ag te neem. Rumsey & McCormick (2006:22) gee die berekening van nagalm tydsduur vir groter vertrekke (soos konsert sale) as:

$$RT_{60} = \frac{(0.16V)}{(A + xV)} \text{sekondes} \quad (2.6.6)$$

2.6.3 Refleksie

Wanneer musiek in 'n konsertsaal uitgevoer word, word 'n luisteraar deur die menigte refleksies van die verskillende oppervlaktes omhul (Moorer, 1979:13). Volgens O'Donovan *et al.* (2008:5284) beïnvloed daardie refleksies nie net die mens se persepsie van klank op 'n estetiese vlak nie, maar ook 'n luisteraar se vermoë om 'n klankbron binne verskillende omgewings te lokaliseer.

Howard & Angus (2009:281) wys daarop dat klank wat van oppervlaktes reflekteer word en binne 30 ms na die direkte golffront waargeneem word, as vroeë refleksies bekend staan. Wanneer klank deur 'n luisteraar waargeneem word, word die eerste golffront as die rigting van die klankbron gehoor. Indien refleksies ongeveer 50 ms na die direkte klank gehoor word, word dit as eggo's en 'n aanduiding van kamervolume waargeneem (Spaeth, 2008:368). Klepper (1990:47) dui daarop dat klankenergie binne die eerste 80ms na die direkte klank waargeneem is tot die beklemtoning van musiek bydra. Klepper wys ook daarop dat refleksies wat na 80 ms gehoor word, afbreek aan die musiek se artikulasie kan doen. Na 100 ms van refleksies waarneem, word 'n luisteraar se vermoë om die klankbron te lokaliseer grootliks belemmer (Beranek, 2008:535).

Die Schroeder-frekwensie dui op die grens-frekwensie waar die diffuse veld van 'n vertrek begin en optimale vroeë refleksies deur 'n luisteraar ervaar sal word. Frekwensies onder die Schroeder-frekwensie veroorsaak verskille in die frekwensie-respons van die vertrek en kan tot staande¹⁶ golwe lei (Shalkouhi, 2009:357; Toole, 2014:455).

Om die Schroeder-frekwensie te bepaal:

- T - Nagalm tyd
- V - Volume van vertrek

¹⁶Staande golwe vind plaas wanneer afstande tussen reflekterende oppervlaktes gelyk is aan die golflengte van 'n klankgolf. Hierdie verskynsel vind hoofsaaklik plaas met golflengtes van 0.1 - 1m (300Hz - 3000Hz) (Talbot-Smith, 2002:30)

- f_S - Schroeder frekwensie

$$f_S = 2000\sqrt{\frac{T}{V}} \quad (2.6.7)$$

2.6.4 Absorpsie

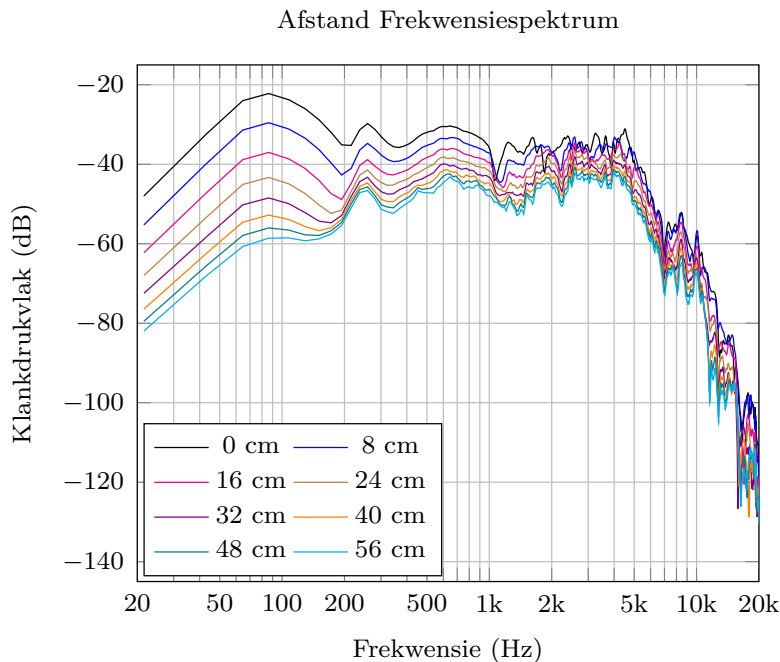
Indien 'n klankbron in die lug hang en klank uitstraal, sal die klank in alle rigtings voortplant en sal daar by die klankbron, weens die feit dat daar geen hindernis vir die voortplanting van die klankgolwe is nie, geen refleksies waargeneem word nie. 'n Anegoïese kamer, 'n vertrek wat akoesties aangepas is om alle klank te absorbeer, is die naaste akoestiese ruimte wat die akoestiese veld van die hangende klankbron kan naboots (Whitaker & Benson, 2002:22). Whitaker & Benson (2002:46) dui ook daarop dat die opnames wat in anegoïese kamers geskied, meer laboratorium toetse as musiekopnames is.

Volgens Knudsen (1933:120) dra die toestand van die lug tydens 'n musiekuitvoering in 'n groot ouditorium meer tot die absorpsie van nagalm by as die materiale wat die binneste mure van die vertrek opmaak. Lug absorpsie neig volgens Holman (2008:121) om tydens konsertsaal musiekopnames vir omringklank tot 'n verlies aan hoë-frekwensies te lei wat tydens die post-produksie proses aangepas moet word. Bartlett (1983:5) noem dat hoë-frekwensies van tien kilo-hertz en hoër meer as lae-frekwensies deur lugabsorpsie beïnvloed word. Verder bespreek hy dat strykinstrumente hoë frekwensies meer opwaarts as in die gehoor se rigting projekteer, wat daartoe lei dat 'n gehoor nog 'n dowwer klank waarneem as wat 'n nabye oorhoofse mikrofoon sou optel.

2.6.5 Toonkleur

Toonkleur, ook bekend as timbre, is hoofsaaklik die persepsie van die harmoniese struktuur en frekwensie-omvang van 'n musiekinstrument. Dit is afgelei van die Franse woord, "timbre", wat na die terme "toonkarakter" vertaal kan word (Plomp, 1970:317). Wanneer twee verskillende musiekinstrumente dieselfde noot, vir arguments onthalwe A 440 Hz speel, sal die instrumente weens die verskillende projektsies van die botoonreeks verskillend van mekaar klink. Instrumente projekteer botone op grond van die fisiese eienskappe van die instrument se dimensies en materiale. Die mens onderskei instrumente ouditief van mekaar op grond van hul toonkleur, waar daardie toonkleure deur die beklemtoning van spesifieke frekwensies in die bo-toon reeks bepaal word (Savage, 2011:51; Letowski, 1985:1888). Musiekinstrumente produseer en projekteer verskillende tonale eienskappe in verskeie rigtings en dit is hierdie samesmelting van verskillende tonale eienskappe wat op redelike afstande bevredigend klink (Bartlett, 1981:726). Die spektrum wat 'n mikrofoon optel, en by verstek

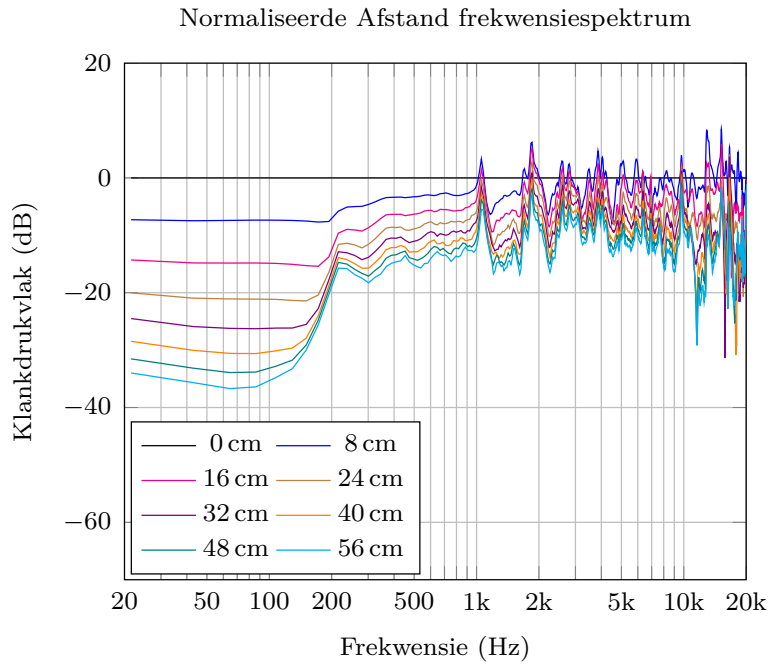
die toonkleur, word weens 'n veranderlike verhouding tussen afstand en invalshoek grootliks beïnvloed, waar opname-tegnici mikrofoonseine manipuleer ten einde 'n uitvoering “te herskep” (Bartlett, 1981:726; Toole, 2014:454).



Figuur 2.7: Die frekwensiespektrum teen toenemende afstande vanaf 'n klankbron (Verster, 2015:75)

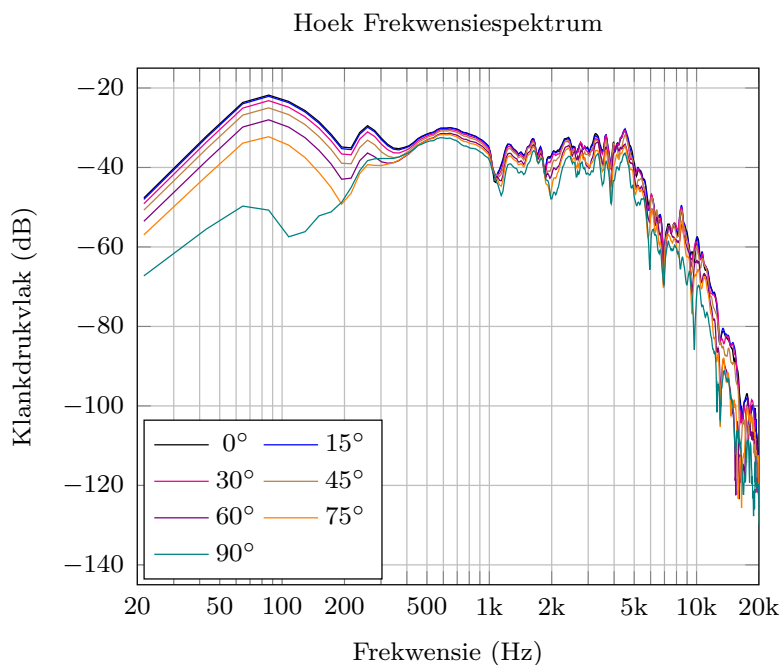
Soos wat fig. 2.7 aandui, reageer mikrofone teen verskillende afstande vanaf 'n klankbron oneweredig oor die frekwensiespektrum. 'n Toename in afstand teenoor 'n klankbron het veral 'n afname in klankdrukvlakke by laer frekwensies tot gevolg, wat moontlik as gevolg van 'n verlies aan nabyheidseffekte tevoorskyn kom (Verster, 2015:75). Deur die klankdrukvlakke tot die van die naaste mikrofoonposisie se resultate te normaliseer (sien fig. 2.8) kan die invloed van afstand op die frekwensiespektrum van 'n mikrofoonsein makliker bestudeer word:

Wanneer 'n direksionele mikrofoon naby aan 'n klankbron geplaas word, bestaan 'n neiging vir lae-frekwensies om weens nabyheidseffekte in die uittree-sein beklemtoon te word. Hoe verder 'n mikrofoon vanaf 'n projekterende klankbron staan, hoe meer neem hierdie effek af (Eargle, 2004:64). In daardie opsig het die invalshoek van 'n klankgolf teenoor die mikrofoondiafragma ook 'n invloed op die frekwensies wat deur die mikrofoon beklemtoon of onderdruk word. Figuur 2.9 dui hoe 'n verandering in 'n mikrofoon se gerigtheid teenoor 'n klankbron 'n invloed op die frekwensiespektrum het wat deur 'n mikrofoon opgetel word. Lae-frekwensies word die meeste beïnvloed waar 'n afname in klankdrukvlakke van 2 dB - 5 dB per vergroting van die invalshoek teenoor 'n

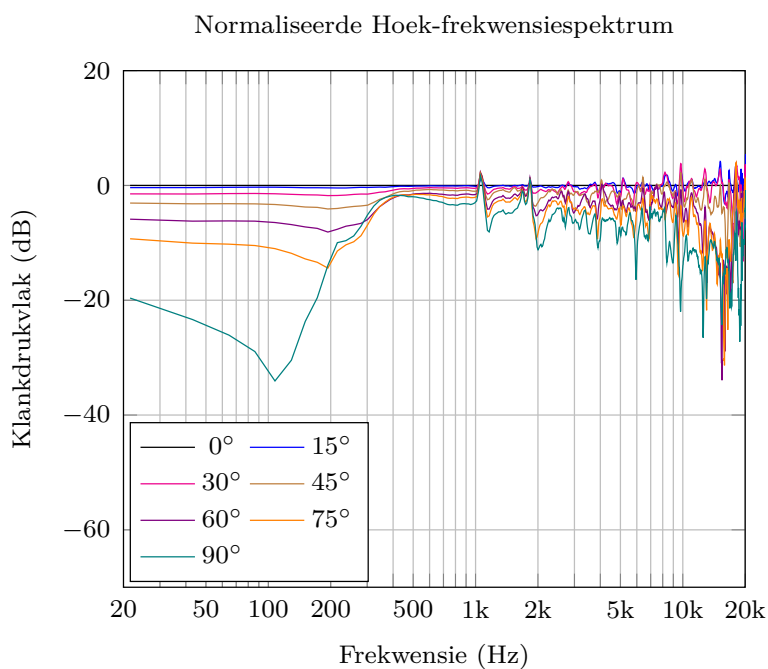


Figuur 2.8: Normaliseerde frekwensiespektrum teen 'n toename in afstand vanaf 'n klankbron volgens Verster (2015:75).

klankbron het (Verster, 2015:79). In fig. 2.10 is die onderskeie seine tot die van die oorspronklike sein genormaliseer ten einde 'n duideliker beskouing van die invloed van hoek teenoor die frekwensiespektrum wat deur 'n mikrofoon herproduseer word uit te beeld.



Figuur 2.9: Frekwensiespektrum teenoor toenemende mikrofoon tot klankbron invalshoeke (Verster, 2015:80).



Figuur 2.10: Normaliseerde frekwensiespektrum teenoor toenemende mikrofoon tot klankbron invalshoeke (Verster, 2015:80).

Hoofstuk 3

Karteringsmetodes en tegnieke

3.1 Kartografie

'n Kaart is 'n voorstelling van 'n plek waar simbole, kleure en lyne die eienskappe wat 'n spesifieke kaart aan 'n gebruiker kommunikeer, uitlig (Mahaney, 2006:4). MacEachren (2004:4) noem dat kaarte aangewend word om inligting van 'n spesifieke voorbepaalde aard aan ontvangers te kommunikeer, terwyl Robinson (1986:17) daarop wys dat kartering in die wetenskap hoofsaaklik met die verspreiding van ruimtelike kennis te make is. Kraak & Ormeling (2011:1) argumenteer weer dat kaarte gebruik word om data wat met die lokalisering van voorwerpe of die eienskappe van gebiede verband hou, te versamel en visueel uit te beeld. Verder wys Kraak & Ormeling (2011:1) daarop dat kaarte hierdeur vir 'n gebruiker inligting voorsien wat met afstand, rigting, oppervlakte groottes, patrone en die verstaan, meet en verwerking van ruimtelike verhoudings verband hou. Bergslien (2012:117) reken dat 'n kaart eenvoudig 'n grafiese voorstelling van die wêreld of 'n spesifieke ruimte is en die natuurlike of kunsmatige bakens wat daarvan deelmaak.

Daar bestaan verskeie wyses waarop die posisies van voorwerpe binne spesifieke omgewings bepaal kan word, elk met hul eie voor- en nadele. Kraak & Ormeling (2011:87) dui op daardie verskillende metodes, asook die moontlike toepassings en beperkinge van die betrokke karteringsmetodes (tabel 3.1).

3.1.1 Fotografiese Kartering

Lugfotografering word deur fotogrammatarge aangewend om 'n eindproduk soos 'n vlakkartering of 'n topografiese kaart van 'n spesifieke gebied te lewer. 'n Foto-analis wend weer dieselfde fotografiese materiaal aan om eerder inligting van 'n spesifieke aard te versamel, ten einde 'n produk te lewer (Morgan & Falkner, 2001:2). Dis volgens Ramsay *et al.* (2000:673) belangrik om daarop te let dat foto's nie kaarte is nie. Dit is weens die feit dat 'n kamera dikwels teenoor die terrein gekantel is en gevolglik aan 'n paralaksfout lei (Ramsay *et al.*, 2000:673). Die belang hiervan word by veral spesialiskaarte gesien,

Nr	Metode	Verhoudings	Toepassing	Beperking
1	Nominaal	Geen verhouding tussen karteerde voorwerpe	Eenvoudig	Tref nie goeie onderskeid tussen verskillende voorwerpe nie
2	Georden	Huis nommers skep numeriese orde	Eenvoudige gebruik	Slegs verhoudings tussen huise en geen ander voorwerpe nie
3	Topologie	Volgens voorwerp se buurvoorwerpe	bekende terminologie	Geen verwantskap met werklike afstande nie
4	Globale Koördinate	Bepaal posisies relatief tot bekende bakens/punte	Toepassing in groot gebied	Aanwending is onnatuurlik
5	Plaaslike Koördinate	Bepaal 'n voorwerp of punt se omringende afstande	Voordelig in klein areas	Onprakties in groot of oop ruimtes
6	Rame	Baken 'n klein gebied op 'n topografiese kaart af	Eenvoudig	Posisie van die gebied is gewoonlik op die kantlyn en ondersoekbaar klein

Tabel 3.1: Tipes posisionele inligting wat volgens verskillende kartografiese metodes weergegee word (Kraak & Ormeling, 2011:87)

waar die foto's oor 'n stensil van die geologiese omgewing superponeer word, of op 'n transparant gedruk word om oor 'n kaart te superponeer (Barnes & Lisle, 2004:22). Hierdeur is dit moontlik om die foto's se verhoudings teenoor die gebied te vergelyk.

Die hoofsaaklike rede vir die gebruik van foto's vir die kartering van 'n gebied, is die hoë mate van akkuraatheid wat dit verskaf (Weibel, 1993:114). Veral die forensiese ondersoeke maak van fotografering (en deesdae ook film) gebruik om die foto's van die toneel te ondersteun (Bell, 2009:352). Selfs in die gevalle waar topografiese inligting volop is, is lug- en satellietfoto's volgens Ramsay *et al.* (2000:673) juis nuttig vir die bydraes wat dit tot die interpretasie van 'n terrein kan bied.

3.1.2 Ortografiese Kartering

'n Ortofoto is 'n digitale weergawe van 'n lugfoto wat stelselmatig aangepas is sodat voorwerpe en kenmerke wat oor 'n hele karteerde gebied voorkom op die korrekte planimetriese posisies blyk (Murphy & Morrison, 2007:51). 'n Paralaksfout is 'n posisionele fout van die terrein op die foto. Die posisie van voorwerpe word verwring as gevolg van lug wat tydens lugfotografering lig verwring (Ramsay *et al.*, 2000:673). Murphy & Morrison (2007:41) wys daarop dat die gevolg van hoogte is dat voorwerpe in vertikale lugfoto's lyk asof dit van die middel van die foto af buitentoe leun. Gevolglik lei hierdie straalverplasing na 'n posisionele fout op die foto.

3.1.3 Vlakartering

Vlakkaarte (ook bekend as planimetriese kaarte) voorsien inligting in verband met die horisontale verspreiding van bakens in die bepaalde gebied. Weens die feit dat dit geen aanduiding van hoogte bied nie, is dit veral vir die kartering van stedelike en platvlakkige ruimtes gepas. Die landmerke waarvan 'n vlakkaart gebruik maak is die wat op die grond vanaf 'n lugfoto gesien kan word, soos onder andere erosie, voetpaaie, riviere, mere, paaie, sypaadjies en bome (Hart, 1998:1). Schuch (1993:97) wys daarop dat die aanwending van landbasis-data van 'n spesifieke omgewing, 'n punt van verwysing bied om ander inligting van 'n lugfoto af te lei. Verder bespreek hy dat daar met landbasis-data na spesifieke geografiese punte verwys word, wat aangeteken kan word om 'n databasis van bekende voorwerpe soos geboue, motorinritte en kontoerlyne op te stel. Volgens Bergslien (2012:117) is planimetriese (vlakkaarte) die algemeenste kaarte, omdat dit die posisie van hoof geografiese en kulturele bakens voorstel. Board *et al.* (2003) wys daarop dat alhoewel vlakartering volgens inligting vir ruimtelike analyses en posisionele besluitneming bied, is die beklemtoning van fisiese strukture en onaanpasbaarheid van 'n opgestelde vlakkaart beperkend.

3.1.4 Topografiese Kartering

'n Topografiese kaart is 'n plat voorstelling van die driedimensionele vorms wat op die aardoppervlakte te voorskyn kom (Bergslien, 2012:118). Volgens Kjellstrom & Elgin (2009:14) is die woord topografie se etimologiese herkoms van die Griekse woorde *topos* wat plek beteken, en *graphein* wat beteken om te skryf, afgelei. Hierdie kaarte is nie 'n algehele voorstelling van 'n gebied nie, maar eerder 'n abstrakte prent waardeur groter dimensies bestudeer kan word (Enthoffer, 1870:13). Deur die benutting van kontoerlyne kan 'n aanduiding van helling, hoogte en plato's, oftewel landskap- hoogte, -breedte en -lengte, afgelei word (Mahaney, 2006:6). Dit gee ook 'n gebruiker die inligting om die relatiewe posisie, vorm en grootte van fisiese kenmerke akkuraat te bepaal (Bergslien, 2012:118).

3.2 Kartografiese Meeteenhede en Rigting Aanwysings

Voordat 'n kaart deur middel van simbole interpreteer kan word, is dit van 'n gebruiker nodig om die simbole te kan definieer, duidelike onderskeid tussen die verskillende simbole te kan tref, asook die korrekte interpretasies daarvan te identifiseer (Wiegand, 2006:53). Die verskeidenheid simbole wat gebruik word, word deur die teikengebruikers en hul kundigheid oor die betrokke karteerde gebiede bepaal (Peterson, 2014:30). Mahaney (2006:4) noem dat alle kaarte sekere aspekte in gemeen het, waar die hoofsaaklike ooreenstemminge gelys word as:

- **Legende:** Gee beskrywings van die betrokke kaartsimbole
- **Skaal:** 'n Aanduiding van afstand
- **Kompas:** Dui rigting aan

3.2.1 Sleutel

Davis (2001:383) is van mening dat die kaartsleutel, naas die kaart-figuur, die belangrikste komponent van 'n kaart deelmaak. Hy brei uit deur daarop te wys dat 'n sleutel die doel moet vervul om op 'n visueel gerieflike manier verklaring te lewer oor die eienskappe en kleure wat van die sentrale kaart deel maak. Indien 'n kaart vir 'n klein werksgroep ontwerp word, is dit moontlik om algemeen-verstaande aspekte in die sleutel weg te laat (Peterson, 2014:30). Volgens Davis (2001) is dit belangrik vir die sleutel om die kaart na te boots ten einde konsekwentheid en leesbaarheid te bevorder.

3.2.2 Skaal

Die fotografiese skaal word deur Murphy & Morrison (2007:41) gedefinieer as die verhouding tussen die grootte van 'n voorwerp op 'n kaart teenoor die grootte daarvan in die werklikheid. Die skaal van 'n foto wissel ook met die grootte van die gebied, waar Chandra (2007:131) daarop uitbrei dat topografiese kaarte op drie wyses ten opsigte van skalering gedefinieer kan word as:

- **Groot-skaal kaarte:** 1:1000 of groter
- **Intermediêre-skaal kaarte:** 1:1000 tot 1:10 000
- **Klein-skaal kaarte:** 1:10 000 of kleiner

3.2.3 Kompas en Klokposisie

'n Kompas¹ is 'n instrument wat in 360° verdeel is waarmee 'n gebruiker 'n roete of posisionele afwyking teenoor magnetiese Noord kan bepaal (Hatzopoulos, 2008:57). Hatzopoulos (2008:57) brei uit dat 'n kompas van 'n magnetiese kompas-skyf wat aan 'n spilpunt vas is gebruik maak, waar die nulpunt altyd in die rigting van magnetiese Noord wys. Die grade-verdeling van die kompas-skyf laat die gebruiker toe om die natuurlike afwyking direk vanaf die kompas te lees.

Vlieëniers gebruik dieselfde wyse van rigting aanduiding, maar aangesien 'n vliegtuig nie altyd magnetiese Noord toe wys nie, kan kompasrigtings as nabye verwysingspunte in die vliegpraktyk nie aangewend word nie. Hierom word klokposisies in die vliegpraktyk aangewend. Deur die tyd wat op 'n twaalf-uur klok staan as rigting aanwysing te gebruik waar 12:00 altyd vorentoe en 06:00 altyd direk agter is, is dit maklik om op 'n horisontale vlak taamlik akkuraat te beskryf in watter rigting 'n sekere verwysing gelokaliseer is ((FAA), 2009:878).

3.2.4 Geografiese Koördinate

Die geografiese koördinaatsisteem maak hoofsaaklik van lengte en breedte gebruik om die aarde op 'n kaart te verdeel. Ten einde die aardbol te karteer, is dit nodig om die bolvormigheid op 'n plat vlak te projekteer, wat die gevolg het dat die lengte en breedte as kurwes op 'n plat vlak geprojekteer word om akkuraatheid te verseker (Lisle *et al.*, 2011:3.3). Lengtegrade gee 'n aanduiding van hoe ver Noord of Suid 'n kaartgebruiker moet rig, waar breedtegrade weer die verhouding van Wes en Oos aandui (Quinlan, 2012:5). Die huidige stand van sake in die tegnologie bedryf is dat Globale Posisionering Sisteem (GPS)²

¹ 'n Kompasroos is 'n skets van 'n kompas op 'n kaart wat 'n gebruiker 'n aanduiding van kompas rigtings (Noors, Suid, Oos en Wes) bied

² GPS is volgens Borradaile (2014:53) te onakkuraat om betroubaar tot die veld van voorwerp oriëntering en lokalisering te wend

in karre, op selfone en op tablette die wyse waarop mense daagliks hul roetes bepaal aansienlik verander het (Kjellstrom & Elgin, 2009:14).

3.3 Fotogrammetrie

3.3.1 Digitale Terreinmodellering

Waar papier kaarte oor die afgelope eeu die norm vir kartering was, het die digitalisering van kaarte die hoof bron van kartografiese inligting geword (Hat-zopoulos, 2008:216). Wanneer 'n foto van 'n gebied geneem word, wys (Kjellstrom & Elgin, 2009:12) daarop dat ongeag die mate van verwarrende inligting en distorsie wat moontlik kan voorkom, dit as 'n fotografiese kaart van 'n gebied of voorwerp dien. Fotogrammetrie is die benutting van daardie tweedimensionele foto's om driedimensionele inligting daarvan te kan aflei, waar die berekening en prosesse waarvolgens inligting van foto's afgelei word, onafhanklik van die tipe beeldmateriaal staan (Egels & Kasser, 2003:1). Weibel (1993:258) dui op die belang van die interverwante komponente wat van 'n digitale terrein model (DTM) deel maak. Verder word daar genoem dat so 'n volledige stelsel moet poog om al die verskillende doelwitte volkome te regverdig, sowel as ruimte vir toekomstige aanpasbaarheid bied.

- **Ontwikkeling:** Bemonstering van terrein waarnemings (data versameling) en die rangskikking van die verhoudings en verwantskappe tussen die verskeidenheid waarnemings (model konstruksie) om 'n DTM te bou.
- **Manipulering:** Aanpassing en verfyning van DTM'e en die afleidings van tussentydse modelle.
- **Interpretasie:** Analise van DTM'e, die afleiding van inligting vanaf DTM.
- **Visualisering:** Vertoning van toepaslike elemente en eienskappe afgelei vanaf DTM inligting.
- **Toepassing:** Ontwikkeling van geskikte modelle vir spesifieke doeleindes en om die modelleringstegnieke doeltreffend toe te pas.

3.3.2 Driedimensionele Modellering

Monmonier (1985:xvii) dui op die elektroniese oorgang van kartografie, waar digitale kartering die proses van 'n gebied akkuraat plot en verwerk al hoe makliker maak. Na mate daarvan bied moderne kaarte meer besonderse funksionaliteite, soos die berg van driedimensionele inligting. Dit laat ook die studie van verspreidings en verhoudings van voorwerpe toe wat voorheen nie volkome verstaan of bestudeer kon word nie (Thrower, 2008:1). Volgens McLaughlin (2013:5) laat beeld-gebaseerde modellering die digitale verkenning van 'n karteerde omgewing toe. Hy noem dat daar sekere vereistes is wat nagekom moet word indien 'n akkurate digitale herkonstruksie van stil-foto's afgelei wil word:

- Versamel soveel inligting moontlik in terme van kamera spesifikasies, lens grootte en mates.
- Foto's moet van 'n hoë gehalte wees.
- Foto's moet nie verwring wees nie.

Driedimensionele skandeerders samel inligting in deur 'n stel punte op 'n voorwerp se oppervlakte te superponeer (Woo *et al.*, 2002:3). Daardie koördinate sluit slegs driedimensionele inligting in, waar die punte volgens 'n arbitrêre driehoekige netwerk georden word, waar die versamelde en geordende punte as 'n punt-wolk bekend staan (Linsen, 2001:1). Drie-dimensionele modellering het met die breuk van driedimensionele sensors vooruitgang ondergaan. Toestelle soos die Microsoft Xbox 360 Kinect sensor bied 'n goedkoop manier om beeldmateriaal in werklike-tyd deur twee-dimensionele beelde of driedimensionele punt-wolke te genereer (Rusu & Cousins, 2011:1). Hierdeur kan ruimtes driedimensioneel digitaal gemodelleer word, wat in ruil die digitale verkenning en noukeurige bestudering van daardie ruimtes bemagtig.

3.4 Slimfoon en Tablet Toepassings

Sedert 1995 met die eerste selfone wat teks kon stuur, het die mobiele toestel-tegnologie 'n era van merkwaardige innovering en ontwikkeling ondergaan (Ruhl, 2008:10). Teen 2010 was die mobiele toepassing-verwerkers met van die mees betekenisvolle vernuwinge van die vorige 50 jaar geïntegreer (Swanson & Taylor, 2011:112). Tans word slimfone vir die benutting van kleiner rekenaarprogramme, genoem toepassings of *App's*, aangewend, waar tablette nader aan 'n funksionerende rekenaar met die dikte van 'n *LCD* skerm is (Székely *et al.*, 2013:829). Miller (2012:221) reken dat meer as vyf miljard mense teen 2025 wêreldwyd “ultra-breed-band, sensor-ryke slimfone sal besit wat die huidige tegnologie verduister”. Mobile-verwerkers bied aanpasbaarheid vir die aanwending wat verlang word, waar die tegnologie toepassings van beeld- en klankopnames tot internet-toegang bied (Swanson & Taylor, 2011:112).

Hoofstuk 4

Stelselontwerp

Die Verklarende Afrikaanse Woordeboek definieer 'n stelsel as “'n geordende of samehangende geheel van samehorige dinge”. Verder word daar op stelselontwerp gedui dat dit “die uitwerk en saamstel van 'n planmatige, effektiewe skema vir die uitvoering van 'n onderneming” is (Labuschagne & Eksteen, 2010:1215). Ter versterking van hierdie definisie, dra die Collins definisie by dat:

“A system is a group or combination of interrelated, interdependent or interacting elements forming a collective entity; a methodical or coordinated assemblage of parts, facts, concepts” - Collins Woordeboek (McLeod & Hanks, 1982:1187)

4.1 Riglyne vir Stelselontwerp

Voordat enige karteringsprojek kan geskied, is dit vir die opsteller van belang om die doelwitte van die studie duidelik uiteen te sit (Ramsay *et al.*, 2000:673). Volgens Ramsay *et al.* (2000:673) is dit hierdie doelwitte wat die besluite ten opsigte van skaal en karteringstegnieke beïnvloed. In die opsig van die Collins definisie dat 'n stelsel 'n “kombinasie van interverwante, interafhanklike en interaktiewe elemente” is, was dit gedurende stelselontwerp van belang om aandag op die koördinasie en samestelling van die onderliggende “dele, feite en konsepte” te rig. (McLeod & Hanks, 1982:1187).

“A work system is a system in which human participants and/or machines perform work (processes and activities) using information, technology, and other resources to produce specific products and/or services for specific internal or external customers.” - (Alter, 2008:451)

In daardie opsig tref Alter (2008:453) onderskeid tussen verskillende werksistels:

- **Inligtingstelsels:** Alle prosesse en aktiwiteite is by hierdie stelsels tot die verwerking van inligting toegewy. Alter (2008:453) wys daarop dat die verwerking van inligting onder meer die “insameling, berging, ontginning en uitbeelding van inligting behels”.
- **Projekte:** Projekte word as stelsels geag met die oog om spesifieke doelwitte te bereik en sal as gevolg daarvan uitgelaat word nadat die bepaalde doelwitte deur daardie stelsel bereik is (Alter, 2008:451).
- **Voorsienings-kettings:** Dit is ’n werkstelsel binne ’n enkele organisasie met die doel om die noodsaaklike insette en materiale vir ekonomiese dienste of produkte in te samel.
- **Waardekettings:** Deelnemers in ’n waardeketting “oorskry verskeie funksionele” areas van besigheid, waar daardie deelnemers oor die algemeen in verskeie departemente van ’n organisasie bydraes lewer.

Volgens Alter se definisie van werkstelsels is dit moontlik om ’n mikrofoonkartering stelselontwerp se onderliggende komponente uit te lig. Indien die karteringstelsel as ’n werkstelsel geag word, is dit gepas om na die werkstelsel as ’n karteringstelsel te wys, waar die spesifieke produk of diens wat gelewer word die akkurate herkonstruering van vorige mikrofoon- en klankbronposisies is. Hierdeur is dit dus moontlik om daardie terminologïe met die van Alter (2008:451) se definisie te vervang ten einde ’n duideliker begrip van die tipe stelsel te bevestig (Alter, 2008:451).

’n Mikrofoon karteringstelsel is ’n stelsel waarin mense en/of masjiene werk deur die aanwending van inligting, tegnologie en ander hulpbronne verrig, met die doel om ’n akkurate herkonstruering van vorige mikrofoon- en klankbronposisies te lewer. - Aanpassing van Alter (2008:451) se definisie van ’n werkstelsel.

Soos wat daar verskillende tipe werkstelsels bestaan, so dui Alter (2008:453) daarop dat indien daardie stelsels as werkstelsels kwalifiseer, dat die moontlikheid vir hierdie verskillende werkstelsels bestaan om oor eienskappe te beskik wat onder mekaar uitgeruil kan word. In die sin daarvan dat ’n stelsel ’n “koördineerde” (McLeod & Hanks, 1982:1187) geheel moet wees, wys Malone & Crowston (1990:9) daarop dat die koördinasie van ’n stelsel spesifieke vereistes moet nakom om die hoogste mate van effektiwiteit te bereik. Volgens Malone & Crowston (1990:9) kan die koördinasie van ’n werkstelsel in verskillende prosesse opgedeel word. Die onderliggende komponente en prosesse, net soos verskillende werkstelsels soos deur Alter (2008:453) voorgestel, beslaan dikwels interverwante prosesse wat onder die verskillende komponente uitgeruil kan word. In tabel 4.1 kan die prosesse en onderliggende komponente waaruit die koördinasie van ’n stelsel soos deur Malone & Crowston (1990:9) bespreek word, bestudeer word.

“Coordination can be defined as networks of human action and commitments that are enabled by computer and communications technologies” - Malone & Crowston (1990:10)

Deur die Malone & Crowston (1990:10) model vir die koördinasie van ’n stelselontwerp te volg, was dit nodig om die gepaste prosesse en komponente te definieer. Die algemene doelwitte, hulpbronne, rolspelers en aktiwiteite wat van die ontwerp van ’n samehangende en effektiewe stelsel deelgemaak het, was op so ’n wyse uiteengesit sodat die moontlike alternatiewe onder die verskillende voorstelle uitgeruil kon word. Deur verskillende hulpbronne en alternatiewe te oorweeg, was daar tot ’n beslissing gekom ten opsigte van watter gepaste komponente tot die effektiëste prosesse sou lei, wat gevolglik tot ’n goed gekoördineerde stelsel gelei het.

Proses	Komponente	Generiese Prosesse
Koördinasie	Doelwitte, aktiwiteite, hulpbronne, interafhanklik-hede, rolspelers	Identifiseer doelwitte, besluit op aktiwiteite, sinkronisasie van aktiwiteite, bevestiging van hulpbronne
Groep Besluitneming	Doelwitte, hulpbronne, alternatiewe, evaluasies, besluitneming	Voorstel en evaluering van alternatiewe, besluitneming
Kommunikasie	Senders, ontvangers, boodskappe, tale	Bevestig algemene tale, kies ontvanger en roetebepaling van inligting
Persepsie van algemene voorwerpe	Rolspelers, voorwerpe	Om dieselfde fisiese voorwerpe te sien, toeganklike databasisse vir alle gebruikers

Tabel 4.1: Prosesse onderliggend aan die koördinasie van werkstelsels volgens Malone & Crowston (1990:9)

4.2 Koördinasie van ’n Stelselontwerp

Die algemene doelwit wat van die stelsel verlang was, was om ’n akkurate mikrofoon en klankbron kartering en herroepingsstelsel vir opname-ateljees te vestig. Weens die wisselende groottes in opname-lokale, byvoorbeeld ’n konsertsaal teenoor ’n opname-kamer, was daar verwag dat ’n aanpasbare stelsel ontwikkel moes word.

4.2.1 Metodologie

Volgens Alter (2008:453) se definisie van werkstelsels en die onderskeie moontlike stelsels, is daar afgelei dat die ontwerp van 'n mikrofoon en klankbron kartering en herroeping stelsel van twee tipe werkstelsels deel maak. Die eerste is dat dit 'n tipe inligtingstelsel is, met die oog op die akkurate versameling en verwerking van inligting tydens kartering. Die tweede werkstelsel waarvan dit deel maak is 'n voorsieningsketting, waar die inligting korrek interpreteer en akkuraat herroep moet word ten einde bevredigende herhalings van mikrofoon- en bronposisies te kan bied. In daardie opsig beslaan die stelsel 'n tweeledige ontwerp. Dit was nodig om 'n karterings metode te vestig, met ander woorde, 'n wyse van data-insameling, asook 'n manier om daardie inligting aan ontvangers te kommunikeer (Alter, 2008:453). Tweedens was 'n metode ontwikkel om daardie inligting wat deur 'n karteringstelsel versamel en verwerk word, te kan ontgin en die posisionele inligting te kan benut om plasinge so akkuraat as moontlik te herkonstrueer.

Die karteringstelsel se waarde lê by die moontlikheid om 'n opstelling te kan herhaal en daarom moet die verwerkte inligting van so 'n aard wees sodat dit binne die raamwerk van 'n herroeping-stelsel se interpretasie van die verwerkte inligting pas. Mikrofoon- en bronopstellings is van mense afhanklik om die betrokke toerusting op die bevredigendste posisies te plaas. Dit het die gevolg dat enige herroeping-stelsel by verstek van persone gebruik maak om 'n opstelling te verrig. In ag geneem dat 'n karteringsstelsel se waarde by 'n herroeping-stelsel se vermoëns lê om daardie inligting korrek te interpreteer en die betrokke opdragte akkuraat uit te voer, is 'n karteringstelsel bepaal om die herroepingstelsel van die nodige inligting te voorsien.

4.2.1.1 Ontwerpsvereistes

- Die implementering en aanwending van die stelsel moet nie produksievloei belemmer nie
- Die versameling van inligting moet effektief en doeltreffend geskied
- Die afleidings wat van die inligting gemaak kan word, moet duidelik voorgestel word
- Die akkuraatheid en spoed waarteen die herroeping van mikrofoonplasinge en bron-lokalisering geskied, moet opname opstellings vergemaklik

4.2.2 Tegniese Vereistes

'n Mikrofoon- en bronopstelling geskied binne voorafbepaalde beperkinge. Hierdie beperkinge het 'n invloed op watter toerusting vir daardie spesifieke opstelling benut word. Net soos wat Savage (2011:22) daarop wys dat daar nie 'n korrekte mikrofoon vir 'n opname is nie, kan die toerusting wat vir 'n opstelling aangewend word op grond van die tipe opname verander. In hierdie opsig

moes alle moontlike tegniese vereistes oorweeg word ten einde te verseker dat 'n kartering sisteem vir alle mikrofoon- en bronopstellings kan geld.

Dit is van belang om daarop te let dat die kartering, maar meer spesifiek die herroeping van mikrofoon- en bronplasinge, konsekwent moet geskied. In daardie opsig was dit noodsaaklik om tydens die soeke na karteringsmetodes die vereistes van mikrofoon- en bronplasinge in ag te neem en om 'n stelsel te ontwerp wat so akkuraat as moontlik daardie plasinge in 'n lokaal van enige grootte te kan herroep. Die eienskappe van mikrofone, klankbronne en opname-lokale stel vir die opname-tegnikus vereistes om tydens die plasing daarvan na te kom ten einde die opname te regverdig. Hierdie vereistes was as riglyne vir die ontwerp van 'n kartering- en herroepingstelsel, waar akkuraatheid en effektiwiteit van herroepde plasinge die hoofsaaklike doelwitte was.

Om die tegniese beperkinge en vereistes van 'n mikrofoon en klankbron kartering- en herroepingstelsel te bepaal, was dit nodig om die aspekte wat toonkleur veranderinge kan veroorsaak te definieer het. Wanneer 'n musikale toon deur 'n luisteraar waargeneem word, verg dit 'n toename van 6dB om die klankdrukvlakke te verdubbel. Die mens se oor hoor egter nie perfek nie en neem dit 'n verhoging in klankdrukvlakke van 9-10 dB om vir 'n luisteraar die persepsie van 'n verdubbeling in luidheid te skep (Rumsey & McCormick, 2006:36). Wanneer veral nabye plasinge betrek word, veroorsaak 'n verandering in afstand tussen 'n mikrofoondiafragma en klankbron, luidheidverskille in 'n mikrofoon se uittreesein (Verster, 2015:70). Die ontwerp van 'n kartering- en herroepingstelsel wat akkuraat moes wees, moes dus sekere afstandverhoudings tussen die verskillende voorwerpe in ag neem ten einde 'n akkurate mikrofoon-klankbron opstelling te kan regverdig. Daardie aspekte is:

- Die afstand tussen 'n mikrofoon, die grond en ander oppervlaktes binne 'n vertrek.
- Die afstand tussen 'n mikrofoon-diafragma en 'n klankbron.
- Die hoek tussen die as van 'n mikrofoon-poolpatroon en die hoek waarteen klankstraling plaasvind.

4.2.3 Voorstelle vir Karteringsmetodes

Na aanleiding van die bevindinge in hoofstuk drie is daar op drie hoofsaaklike metodes van data-insameling gefokus. Die voorgestelde metodes en toerusting is toenemend in ingewikkeldheid, koste en bekikbaarheid van die toerusting. 'n Stelsel het vir die oorweging van implementering kwalifiseer indien die noodsaaklike inligting akkuraat en maklik afleibaar is. In die opsig sal dit die herroeping-stelsel van die noodsaaklike mikrofoon- en bronposisies moet kan voorsien en indien nie, 'n alternatiewe oplossing bydra wat produksievloei sal bevoordeel.

Voorgestelde karteringsmetodes:

- Om afstande met die hand te meet,
- Fotografiese Kartering,
- Driedimensionele modellering,

4.2.3.1 Fisiese Voorwerpe

Tydens 'n opnamesessie bestaan die moontlikheid vir 'n verskeidenheid toerusting en voorwerpe om van die opnameproses deel te maak. Vir die ontwerp van 'n karteringstelsel om as deel van 'n opnamesessie deel te maak, sonder om werksvloei te belemmer, was dit nodig om die noodsaaklike aspekte wat afstandsverhoudings kan beïnvloed te definieer. Die onderstaande lys is 'n opsomming van tipes toerusting, voorwerpe en eienskappe wat tydens opnamesessies in ag geneem word:

- Intree- en uittreepunte
- Mikrofoonstaanders
- Mikrofone
- Klankbrontipe
- Luidspreker
- Stoele vir musikante en dirigent podium
- Eksterne visuele monitors
- Klankversterkers
- Kopfone
- Addisionele eksterne toerusting

Voorwerpe en toerusting wat se afstandverhoudings toonkleur beïnvloed:

- Mikrofoon posisie
- Mikrofoon oriëntasie
- Klankbron tipe en posisie
- Klankbron rigting van projeksie

4.2.3.2 Mikrofoon Oriëntering en Klankbron Posisionering

'n Mikrofoon kan 360° op 'n horisontale asook 'n vertikale as draai. In die opsig besit 'n mikrofoon 'n bolvormige spil waar die aantekening van 'n mikrofoon se oriëntasie in twee platvlakkige asse verdeel kan word. Die metodes om daardie oriëntering te stip kan op die volgende wyses geskied:

- Kompas rigtings
- Klokposisies
- Hoeke in grade gemeet

Kompasrigting bestaan uit vier hoof rigtings naamlik Noord, Oos, Suid en Wes, maar daar bestaan ook kombinasies van hierdie rigtings om meer spesifieke aanwysings aan te dui. Daardie rigtings waarheen 'n kompas kan wys, is onderverdeel in 360° , soos wat die metrieke stelsel hoeke meet, waar Noord oor die algemeen as 0° aangedui word (Hatzopoulos, 2008:57). Klokposisies kan op dieselfde wyse aangeteken word en dit is dus moontlik om die verwantskappe tussen die drie metodes uit te lig.

Grade	Kompasrigting	Klokposisie
0°	Noord	12:00
90°	Oos	03:00
180°	Suid	06:00
270°	Wes	09:00

Tabel 4.2:]

Die ooreenkomste tussen kompasrigtings en klokposisies in grade

4.3 Karteringsmetodes en Aanpassings

Gedurende die opstelling van mikrofoon- en bronposisies is die plasing van toerusting van opname-tegnici afhanklik om fisies daardie voorwerpe op die verkose posisies te plaas. Dit was daarom van belang om te bepaal watter inligting 'n herroepingstelsel van 'n karteringstelsel sou verlang om te verseker dat mense daardie inligting korrek interpreteer en plasings daarvolgens akkuraat herroep. Robinson (1986:17) dui daarop dat kartering in die wetenskap die verspreiding van ruimtelike kennis ondersoek. Met verwysing na Robinson (1986:17) se definisie het die ruimte ontstaan om die argument te lewer dat 'n kartering- en herroepingstelsel die verspreiding van ruimtelike kennis moet kan stip.

4.3.1 Koördinaatstelsel

4.3.1.1 Vlakverdeling

Bergslien (2012:118) noem dat 'n topografiese kaart 'n voorstelling van driedimensionele ruimtes en voorwerpe op 'n plat oppervlakte is. Die feit dat mikrofoon- en bronopstellings binne driedimensionele ruimtes geskied, beteken dat topografiese inligting soos wat Bergslien (2012:118) voorstel, vir die bepaling van posisionele inligting aangewend kan word. Indien topografiese kaarte deur middel van lengte- en breedte-lyne verdeel word, is dit moontlik om die verhoogruimte in lengte- en breedte-lyne te verdeel. Waar topografiese

kaarte dit deur middel van grade, minute en sekondes weergee (Bernhardsen, 2002:260), kan 'n soortgelyke koördinaatsisteem bereik word deur daardie eenhede met die vanuit die metrieke stelsel te vervang, byvoorbeeld meter, sentimeter en millimeter. Die kartetiese koördinaat-sisteem kan parallel met die aanwending van lengte en breedte telyne aangewend word ten einde die hoogte van voorwerpe bo die grond aan te dui. Waar die kartetiese koördinaatstelsel breedte, diepte en hoogte op hul onderskeie asse as X, Y en Z aandui (Palmer, 2005:9), kan die driedimensionele verhoogruimte daarvolgens verdeel word.

Dimensie	Kartetiese Koördinaat
Verhoog Breedte	X
Verhoog Diepte	Y
Hoogte bo verhoog	Z

Tabel 4.3: Kartetiese vlakverdeling

4.3.1.2 Voorwerp Posisionering

Die gebruik van die kartetiese koördinaatstelsel laat 'n gebruiker toe om stapsgewys 'n enkele punt binne 'n driedimensionele ruimte te bepaal. Punte wat vir die opstelling van 'n opnamesessie van belang is, is die posisies van die mikrofone en die klankbronne. Mikrofoonstaanders het oor die algemeen drie pote met ten minste een verstelbare arm wat 360° kan draai. Dit bemoeilik die kartering en aanwysing van mikrofoonstaanderposisies. In die lig daarvan dat mikrofone ook van plafonne af gehang word sonder die gebruik van staanders, sal dit nodig wees om die mikrofone se X, Y en Z waardes binne 'n verhoogruimte te bepaal en die mikrofoonstaander se posisie te ignoreer (sien tabel 4.4).

Wanneer ligte instrumente soos viole, altviole, fluite, koperblaas en soortgelyke instrumente deur instrumentaliste tydens opnames gespeel word, beweeg die spelers die instrumente en blyk dit onrealisties om die posisies van die instrumente te probeer bepaal. Dit het tot die gevolgtrekking gelei dat die posisies van waar die instrumentaliste tydens 'n opname sit of staan eerder bepaal moet word. Vir die kartering van stoele, staanposisies of groter instrumente soos klaviere en tromstelle, is dit nodig om die twee koördinate per voorwerp te bepaal, waar ten minste twee platvlakkige punte vir die akkurate posisionering van drie- of vierpotige voorwerpe nodig is (sien tabel 4.5).

Mikrofoon	Breedte (X)	Diepte (Y)	Hoogte (Z)	Horisontale-as (A)	Vertikale-as (B)

Tabel 4.4: Spreiblad vir mikrofoon kartetiese koördinate

Instrument	Breedte 1 (X1)	Diepte 1 (Y1)	Breedte 2 (X2)	Diepte 2 (Y2)

Tabel 4.5: Spreiblad vir kartetiese koördinate van klankbronne

4.3.1.3 Mikrofoon Oriëntasie

Dennis *et al.* (2008:219) wys daarop dat stelsels wat beoog om verskillende voorwerp verhoudings te bestudeer, daarop attent moet wees om die eienskappe van elke voorwerp te identifiseer. Dit is hierom nuttig om daarop te let dat 'n mikrofoon 360° om 'n enkele spilpunt op 'n horisontale (A) asook 'n vertikale (B) as kan roteer. Weens die feit dat mikrofone in praktyk in die lug gesuspendeer word, hetsy dit met die behulp van 'n staander, tou of kabel is, gepaardgaande met die eienskap om om 'n enkele punt te kan draai, sal die koördinaatsisteem vir voorwerp posisionering nie op mikrofoon oriëntasie toegepas kan word nie. Hierom kon aandag eerder op addisionele metodes gerig word, ten einde die volle roterings-moontlikhede van 'n mikrofoon te kan karteer.

Die oriëntering van 'n mikrofoon wat 360° op 'n horisontale A-as asook 'n vertikale B-as kan roteer, is op die eenvoudigste wyse met 'n 360° gradeboog gestip. Vir die ontwerp van 'n akkurate stelsel, bestaan daar hewige verkortkominge indien kompasrigtings of klokposisies aangewend wil word. Kompasrigtings word in twee kategorieë naamlik kardinale en interkardinale rigtings verdeel. Kardinale rigtings is die vier hoof rigtings wat op 'n kompas aangeref word naamlik Noord, Oos, Suid en Wes, waar die interkardinale rigtings Noord-Oos, Suid-Oos, Suid-Wes en Noord-Wes is (Kjellstrom & Elgin, 2009:69). Klokposisies bied die moontlikheid om 12 hoofrigtings aan te dui, waar die spreker die verwysingspunt is. Soos wat Noord deur 0° op 'n kompas aangedui word, dui twaalf uur in klokposisie na direk voor 'n persoon of voorwerp. Die beperkinge van die twee stelsels bestaan egter weens die aantal intervale tussen die rigtings waarheen daar verwys kan word. Waar 'n

kompasroos in vier, agt, sestien of twee-en-dertig rigtings verdeel word, word klokposisies in twaalf ure en sestig minute verdeel. Die gevolg hiervan is dat die twee metodes nie gelykwaardige inligting sonder die omskakeling van 'n spesifieke rigting na die ooreenstemmende metrieke grade kan uitruil nie. Adisioneel tot hierdie eienskappe is die feit dat die intervalle wat rigting aandui te groot vir die hoeke wat toonkleurverskille (Verster, 2015:80) kan veroorsaak is, asook te moeilik bepaal- en meetbaar is. Dit het daartoe gelei dat die meting en herroeping van die horisontale en vertikale oriëntering van 'n mikrofoon vir die akkuraatste mates met 'n gradeboog verrig moet word.

4.3.2 Fotografiese Kartering

4.3.2.1 Toerusting

Fotografie as karteringsmetode is nie 'n tydsame proses nie en is ook 'n maklik bereikbare wyse om 'n gebied met 'n hoë mate van detail op 'n tweedimensionele vlak te stip. Weens die spoed waarteen 'n groot gebied karteer kan word, is die benutting van daardie tegnologie aantreklik. Die verkryging van die nodige gereedskap en opstelling van infrastruktuur is van belang vir die ontwikkeling van 'n akkurate fotografiese kartering- en herroepingstelsel. Vir die aanwending van so 'n karteringsmetode is daar spesifieke noodsaaklike toerusting wat aangeskaf moet word. Die aanname word gemaak dat opname-ateljees van rekenaars met hoë prosesseringsvermoëns gebruik maak, wat die moontlikheid vir fotoredigeringsagteware bied.

Gereedskap:

- Hoë gehalte Kamera
- Fotoredigeringsagteware
- Die bevestiging van planimetriese merkers, of die plasing daarvan.

4.3.2.2 Lokaalkartering en Basis-opstelling

In die karteringspraktyk word voorwerpe wat van grondvlak sigaar is, in lengte en breedte aangeteken ten einde die verspreidingsverhoudings vanaf 'n karteerde bo-aansig te kan aanskou. Geen inligting in verband met hoogte word hierdeur aan 'n kaartgebruiker gekommunikeer nie en gevolglik is afleidings wat gemaak kan word bloot afstandverhoudings op 'n enkele twee-dimensionele vlak (Schuch, 1993:97). Deur planimetriese bakens binne 'n lokaal te definieer kan topografiese inligting volgens daardie planimetriese bakens nagegetrek word (Schuch, 1993:97).

Die doel van 'n basisopstelling is om 'n stensil op grond van die planimetriese bakens van 'n betrokke opnamelokaal te ontwerp (sien figuur 4.1). Soos wat kontoerlyne in topografiese kaarte 'n gebruiker die nodige inligting bied

om die hoogte, helling en lengte van karteerde voorwerpe en oppervlaktes af te lei, is die beginsel van kontoerlyne op 'n foto aangewend om 'n gebruiker 'n mate van diepte, breedte en hoogte van 'n vertrek te bied (sien fig. 4.2).



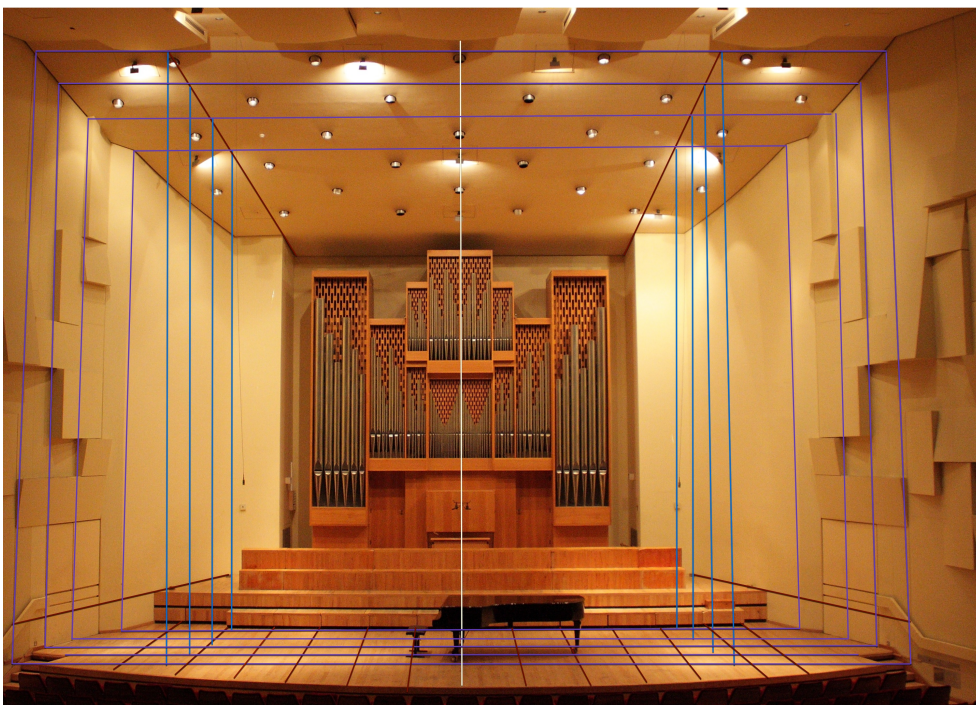
Figuur 4.1: Foto dien as basis vir planimetriese aantekeninge

Nadat topografiese merkers op grond van die planimetriese bakens getrek is, is die oorspronklike foto verwyder om 'n topografiese kontoer-stensil van 'n opname-lokaal te ontwikkel. 'n Stensil (fig. 4.3) is ontwikkel om 'n vaste raamwerk te vestig waarvolgens die noodsaaklike posisionele inligting in verband met mikrofoon- en klankbronposisies afgelei kan word. Foto's van spesifieke mikrofoon- en bronopstellings is soos in fig. 4.4 digitaal bo-oor die oorspronklike stensil superponeer om 'n gebruiker riglyne te bied waarvolgens posisionele inligting afgelei kan word ¹.

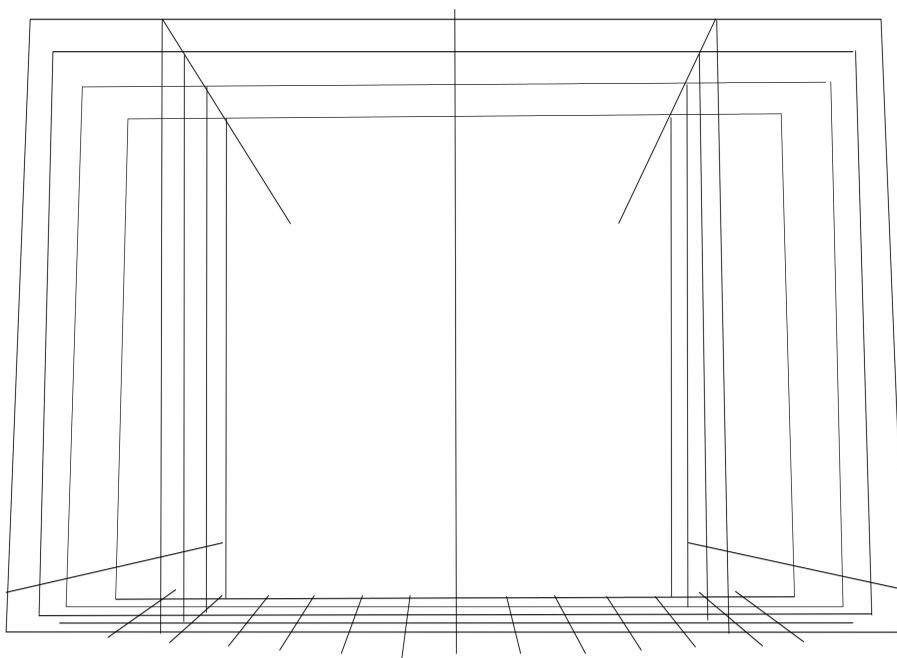
4.3.3 Driedimensionele Modelling

Opmeetkunde maak van fotogrammetriese prosesse en tegnieke gebruik ten einde 'n digitale driedimensionele model van 'n voorwerp of gebied te skep. Waar toerusting soos laser skandeerders en teodoliete in fotogrammetrie vir

¹ Die aanwending van rekenariseerde prosesse skep die vermoë om foto's uit te voer om op 'n draagbare toestel soos 'n tablet of slimfoon te kan beskou. Hierdeur kan 'n gebruiker 'n verhoging in oriënteringsin tydens die herroepingsproses ervaar.



Figuur 4.2: Kleur lyne met basisfoto



Figuur 4.3: Basis stensil



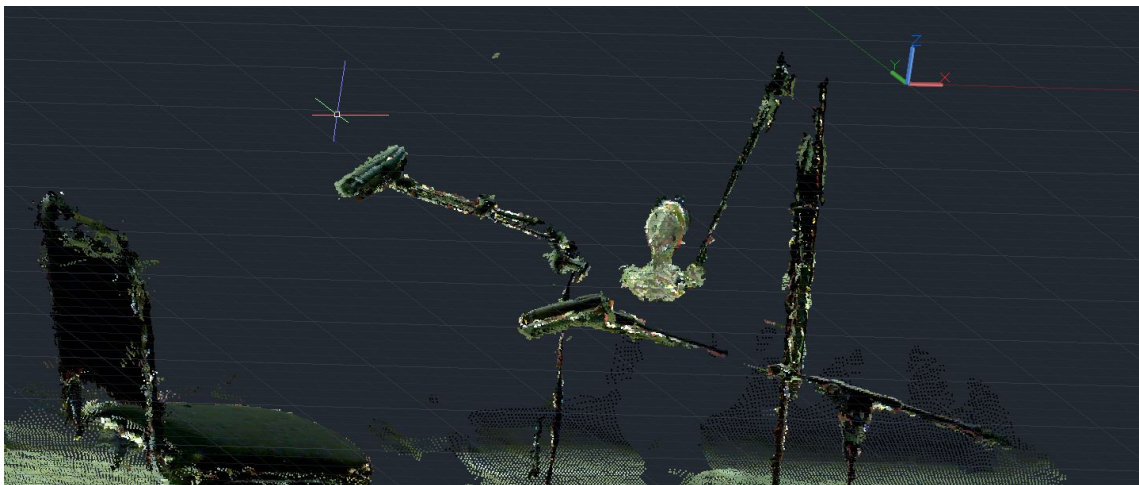
Figuur 4.4: Mikrofoonposisie oor stensil superponeer

die modellering, meting en afbakening van groot areas aangewend word, is daardie toestelle te duur om as 'n uitvoerbare stelsel vir 'n opname-ateljee voor te stel. Daar bestaan egter kleiner, goedkoper, draagbare toestelle, soos die DotProduct DPI-8 (fig. 4.5), wat vir die modellering van kleiner driedimensionele ruimtes en voorwerpe geskik is.

Driedimensionele modelleerders tref onderskeid tussen hoogte, breedte en lengte deur punt-wolke volgens X, Y en Z koördinate te plot (Kraus, 2007:311). Dit bied die moontlikheid om 'n ruimte te karteer, deur die benutting van sagteware afstand verhoudings driedimensioneel te kan verken, asook om die X, Y en Z koördinate van verskillende voorwerpe in 'n skandeerde ruimte te bepaal. Soos wat Alter (2008:451) daarop dui dat verskillende tipe stelsels verwante komponente of prosesse kan uitruil, is voorwerp posisies volgens die koördinaatsisteem deur die gebruik van driedimensionele modelle aangeteken. Hierdeur kan driedimensionele modelleerders 'n herroepingstelsel van die noodsaaklike koördinate voorsien, wat gevolglik die akkurate kartering en herroeping van mikrofoon- en bronposisies uitvoerbaar maak.



Figuur 4.5: DotProduct DPI-8 vooraansig



Figuur 4.6: Driedimensionele modellering van 'n nabye plasing

Hoofstuk 5

Implementering

Die belangrikste doelwit van 'n musiektegnologie gedrewe kartering stelsel is om inligting op so 'n wyse aan 'n gebruiker te kan kommunikeer sodat daardie karteerde mikrofoon en bron opstellings akkuraat herroep kan word. Indien 'n karteringstelsel nie die nuttige inligting op so 'n wyse aan 'n gebruiker kan kommunikeer sodat voorwerp-posisies akkuraat herroep kan word nie, sal die aanwending van daardie stelsel nutteloos wees. Ten einde die wisselende groottes van opname-lokale, tesame met die verskil in afstande tussen nabye en verplasings te akkomodeer, word 'n uniforme wyse van kartering en herroeping verlang. Dit is om ingewikkeldheid te vermy en die moontlike verwarring wat tydens die opstelling van karteerde posisies as gevolg daarvan kan voorkom, te minimaliseer. In daardie opsig is daar belang daarin om oor 'n aanpasbare stelsel te beskik wat enige lokaalgrootte, mikrofoonplasing en bron-posisionering akkuraat kan stip en herroep.

5.1 Stelsel Bespreking

'n Metode om voorwerp posisies en oriëntasies deur middel van algemene toerusting binne 'n raamwerk van plaaslike koördinate te stip, fotografiese kartering en driedimensionele modellering deur middel van 'n draagbare skandeerder is ondersoek. Daardie drie metodes is beoordeel op grond van hoe akkuraat die herroeping van karteerde posisies geskied het, waarna 'n gevolgtrekking gemaak is ten opsigte van watter metodes die effektiëste bydraes gelewer het. Gevolglik is die effektiëste bydraes van die verskillende karteringstegnieke aangewend ten einde 'n stelselontwerp vir die akkurate kartering van mikrofoonposisies te bemagtig.

5.1.1 Verstekstelsel

Fotografiese karteringstegnieke is bevind om eerder as 'n addisionele hulpmiddel geag te word. Weens die bevinding dat plasings en veral diepte, nie

akkuraat van 'n foto afgelei kan word nie, ontstaan die gevolgtrekking dat fotografiese kartering spesifiek vir die verspreiding van voorwerpe op 'n tweedimensionele vlak benut kan word. Hierdeur versterk die bevindinge Ramsay *et al.* (2000:673) se oortuiging dat foto's nie as akkurate topografiese kaarte aangewend kan word nie. Die aanwending van planimetriese bakens om die topografie van 'n vertrek uit te lig, bied vir 'n gebruiker tydens mikrofoon- en klankbronherroeping 'n helderder mate van oriëntasie, maar die akkuraatheid van daardie herroeping is bevraagtekenbaar as gevolg van die invloed van verwingde diepteperspeksie op tweedimensionele foto's. Waar fotografiese tegnieke as hulpmiddels geag word, is daar bevind dat draagbare driedimensionele skandeerders te veel tekortkominge het om as karteringsmetode oorweeg te word. Gevolglik is daar deur 'n proses van uitskakeling tot die slotsom gekom dat die aanstelling van 'n persoon om mates volgens 'n koördinaatstelsel te bepaal, die akkuraatste oplossing is. Waar fotografering en driedimensionele modellering vinnige metodes is om vertrekke te karteer, is die tekortkominge te groot en die foute wat voorkom te onvoorspelbaar om daardie tegnieke as karteringstelsels in te sluit. Gevolglik is 'n plaaslike koördinaat sisteem as 'n verstekstelsel ontwikkel om binne die raamwerk van produksievloei tydens opname-sessies te pas.

5.1.2 Kartering

5.1.2.1 Kartetiese Koördinate

Die posisies van voorwerpe word deur middel van plaaslike koördinate aangedui. Kartering van posisies geskied op 'n driedimensionele kartetiese vlak, waar die breedte van die vloerspasie van die opname-verhoog as die *x-as* gedefinieer word. Posisies word vanuit gehoorsperspektief bepaal waar breedte *x*, diepte *y* en hoogte *z* die onderskeie kartetiese vlakke definieer. Vir die verkryging van akkurate plaaslike kartetiese koördinate is 'n geordende benadering tot die karteringsproses aangewend. Deur 'n stel riglyne vir die bepaling van daardie punte te stel, kan die karteringsproses as 'n gekoördineerde geheel benader word. Metodes is ontwikkel om elk van die drie verskillende posisionele punte volgens die koördinaat stelsel te bepaal. Dit is belangrik om daarop te let dat mikrofone 'n enkele stel X en Y koördinate vereis, waar stoele, staanposisies of instrumente met twee of meer pote 'n X en Y waarde vir ten minste twee pote elk moet besit. Dit is om te verseker dat die kartering en herroeping van 'n klankbron se rigting van projeksie en die invalshoek tussen die klankbron en mikrofone so akkuraat as moontlik kan geskied.

- **X-as:** Die breedte van die opnameruimte word as die x-as gedefinieer. Vir die kartering van voorwerp posisies moet 'n maatband so na aan die gehoor as moontlik en oor die breedte van die verhoog gelê word, waar die nulpunt aan die linker kant van die verhoog vanaf gehoorsperspektief

is. Dit dien as 'n vaste verwysingspunt waarvolgens die y-koördinate bepaal word. Die punt op die maatband waar die Y-as die X-as kruis, moet op 'n spreiblad as die x-koördinaat aangeteken word.

- **Y-as:** Y-koördinate word bepaal op grond van hoe ver die posisie van die x-as op 'n horisontale vlak is. Indien 'n koördinaat van gehoorspektief dieper as die x-as in die opnameruimte lê, word die y-waarde as positief aangeteken. In die gevalle waar posisies nader aan die gehoor as die X-as is, word die Y-waardes as negatiewe waardes aangeteken. Vir voorwerpe wat nie op die grond staan nie en dus 'n Z-koördinaat ook vereis, moet die presiese Y-koördinaat loodreg onder daardie voorwerp bepaal word. Dit kan gedoen word deur 'n tou of kabel met 'n gewig aan vanaf die voorwerp se verste punt van die x-as te hang. Deur die punt op die y-as te stip waar die gewig in ewewig hang en nie rondswaai nie, word gravitasie gebruik om 'n loodregte punt onder 'n voorwerp te bepaal (Singh, 2000:24).
- **Z-as:** In die opmetingspraktyk word die aanname gemaak dat alle afstande horisontale afstande is. In die geval wat 'n vertiakte afstand bepaal moet word, word dit wiskundig bereken of tot 'n horisontale, meetbare afstand omgeskakel (Singh, 2000:24). In daardie opsig kan die tou en gewig wat vir die bepaling van die Y-koördinaat gebruik is, neergelê word om die tou se lengte vanaf die grond tot by die mikrofoon te meet.

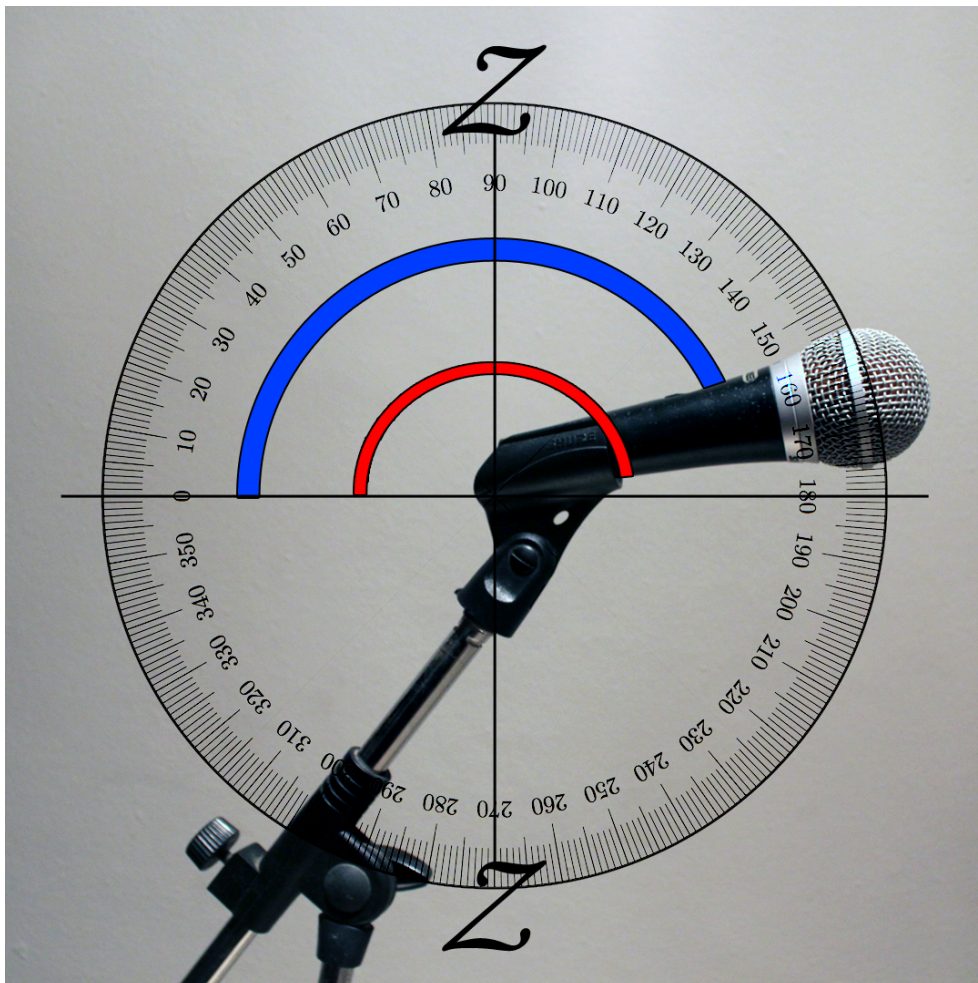
5.1.2.2 Mikrofoon Oriëntasie

Die kartering van mikrofoon oriëntasie is 'n proses wat onafhanklik van die kartetiese koördinaat sisteem staan. Waar die posisie van 'n mikrofoon deur kartetiese koördinate aangedui word, word die roterings moontlikhede van mikrofone deur die meting van invalshoeke tussen die oppervlakte van 'n opnameruimte en 'n mikrofoondiafragma bepaal. Mikrofoon oriëntasie word gemeet deur die hoeke tussen die mikrofoon en die grond en die mikrofoon en die agterste muur van die opname ruimte te meet. Om onderskeid tussen die roteringsmoontlikhede van 'n mikrofoon te tref, word die hoek waarteen 'n mikrofoon staan in 'n horisontale A-as en 'n vertikale B-as verdeel. Hierdeur kan die hoek waarteen mikrofone posisioneer is, as deel van 'n koördinaat-stelsel aangebied word. Die hoek wat gemeet word, moet vanaf die gradeboog na die naaste deel van die mikrofoonkapsule strek. Dit is om mikrofone met 'n koniese vorm in ag te neem, waar die hoek tussen 'n oppervlakte en die naaste deel van die kapsule 'n kleiner hoek beslaan as die verste deel vanaf daardie selfde oppervlakte.

- **A-as:** Die meting van die horisontale hoek waarteen 'n mikrofoon staan word op 'n spreiblad (sien figuur 5.1) aangeteken, waar 90° vanaf gehoorspektief direk na die diepste oppervlakte van die opnameruimte dui

en 270° direk na die gehoor. Dit beteken dat 0° en 180° onderskeidelik na die linker en regter oppervlaktes van die opnameruimte dui en parallel teenoor die X-as loop.

- **B-as:** Die hoek waarteen 'n mikrofoon op die vertikale B-as loop, word bepaal op grond van die mikrofoon se vertikale oriëntasie teenoor 'n denkbeeldige horisontale as. In 'n 360° omtrek wys 90° loodreg bo die horisontale as, waar 270° loodreg afwaarts na die grond dui en parallel met die Z-as loop. Die horisontale as waarteen die vertikale hoek gemeet word, word deur 0° en 180° aangedui en loop parallel met die grond, maar nie noodwendig met die X- of Y- asse nie.



Figuur 5.1: 'n Aanduiding van hoe die meet van die binne teenoor die buitenste sy van die mikrofoonkapsule hoekgrootte kan beïnvloed

5.1.3 Aanbieding van Inligting

Die dokumentasie wat gedurende 'n opname-sessie opgestel word, beslaan inligting in verband met die instrument, mikrofoon, intree- en uitreepunte (I/O), musikante en watter opnamelokaal vir die sessie benut word (Ballou, 2013:1121)(Bartlett, 2013:358). Vir die doel van 'n effektiewe karteringstelsel ontwerp wat nie produksievloei kniehalter nie, is dit van belang om die inligting wat aan die opstellings verwant is as deel van die sessie-dokumentasie voor te kan stel. In plaas daarvan om 'n kaart legende of sleutel op te teken, is 'n lys eerder opgestel om deur wyse van 'n spreiblad die nuttige inligting aan te teken (sien tabel 5.1 en 5.2). Hierdeur word slegs die noodsaaklike inligting van die karteerde posisies en betrokke voorwerpe weergegee.

Die aanduiding van karteerde koördinate in verband met 'n spesifieke opstelling neem konteks aan wanneer die opstellings se mikrofone, intree- en uitreepunte en die betrokke instrumente soos wat in die opnamesessie opgestel is, gedefinieer is. Vir die inligting van 'n opstelling wat nie van die koördinaat sisteem afgelei kan word nie, sal daar met die opstelling van die relevante dokumentasie ruimte geskep moet word om daardie eienskappe te kan aanteken. Mikrofoonpare, stereo- of omringklank-opstellings, sowel as mikrofone met verstelbare poolpatrone en die betrokke intree- en uitree punte wat vir 'n opname-sessie benut is, moet as 'n geheel aangebied word op so 'n wyse dat dit die opstelling van dokumentasie en kartering komplimenteer. Deur Ballou (2013:1121) se aanbeveling ten opsigte van watter inligting om as sessie-dokumentasie in te sluit in ag te neem, sal die betrokke instrument, intree- en uitreepunte, mikrofoonpare, poolpatroonverstellings asook die posisionele en oriëntasie verwante koördinate ingesluit word. Op die manier word die koördinate van die betrokke mikrofoon- en bronopstellings bloot 'n uitbreiding van die huidige dokumentasiepraktyk.

5.2 Stelsel Opsomming

Die koördinasie van 'n mikrofoonposisie karteringstelsel vereis die kommunikasie van fisiese voorwerpe, toeganklike databasisse en uniforme interpretasies van prosesse tussen verskillende gebruikers (Malone & Crowston, 1990:9). In die sin daarvan dat 'n stelsel 'n versameling metodes en onderdele is wat 'n samehangende geheel vorm McLeod & Hanks (1982), kan die verskillende stappe wat die metodologie vir die benadering van die karteringsproses definieer, vereenvoudig word (sien figuur 5.2). Opsommend word die voorgestelde stelsel en karteringsmetodologië puntgewys gekommunikeer, waar die opname ruimte vanaf gehoorspektief bespreek word.

Instrument	I/O	Mikrofoon	Poolpatroon	Paar	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	A°	B°

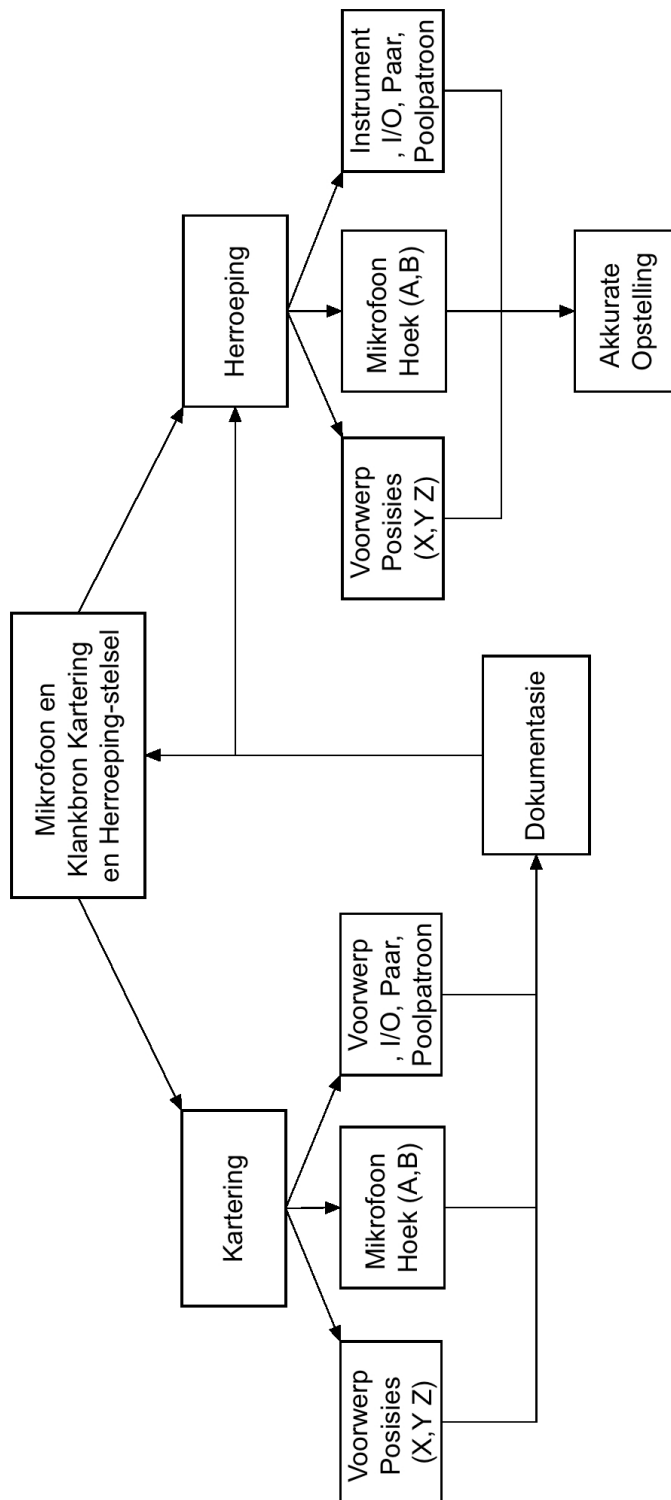
Tabel 5.1: Hipotetiese Spreibleid vir mikrofoon kartering

Voorwerp	instrument	X^1 (cm)	Y^1 (cm)	X^2 (cm)	Y^2 (cm)

Tabel 5.2: Hipotetiese Spreiblad vir voorwerp kartering

5.2.0.1 Karteringstelsel

- Stel die nodige dokumentasie op en spesifiseer musiekinstrumente, intree- en uittreepunte, mikrofoonmodelle en mikrofoonpare;
- Bepaal 'n vaste posisie vir die maatband voor op die verhoog om die x-as te definiëer, waar nul heel links teen die verste punt van die opnameruimte is;
- 'n Foto kan geneem word om die opstelling en X-as te dokumenteer vir die berging en 'n visuele voorstelling van die betrokke opstelling;
- Bepaal deur middel van 'n gewig aan 'n tou die Y-koördinaat direk onder die mikrofoon en merk die punt;
- Meet die lengte van die tou wat tussen die mikrofoondiafragma en die grond gehang het vir die Z-koördinaat (hoogte van die mikrofoon bo die grond).
- Die afstand tussen die nul punt op die X-as en waar die Y-as kruis is die X-koördinaat. Die loodregte afstand tussen die gemerkte Y-punt en die X-as word as die Y-koördinaat aangeteken.
- Vir voorwerpe met twee of meer pote moet die koördinate van die twee pote naaste aan die voorkant van die verhoog bepaal word, waar staansposisies met 'n 30 cm maskeerbandmerker aangedui word, waarvan die verste punte van die merker se koördinate bepaal moet word;
- Horisontale mikrofoon oriëntasie word gemeet deur die hoek tussen die linker kant van die mikrofoonkapsule teenoor die horisontale-x-as te vergelyk;
- Vertikale oriëntasie met die hoek tussen die horisontale vlak en die mate wat 'n mikrofoon gekantel is;



Figuur 5.2: Stelsel Diagram

Hoofstuk 6

Gevolgtrekking

'n Mikrofoon en klankbron kartering- en herroepingstelsel bied die moontlikheid om die stilswyende kennis waarna Horning (2004:710) verwys empiries te versamel en betekenisvolle afleidings ten opsigte van mikrofoon- en bronplasinge te kan maak. Waar mikrofoonplasing volgens Huber & Runstein (2013:143) dikwels heeltemal eksperimenteel geskied, is dit met die implementering van die stelsel moontlik om te bepaal waarom 'n sekere plasing vrugte gedra het en 'n ander probleme veroorsaak het. Hierdeur kan aspirerende opname-tegnici vroeër in hul loopbaan nuttige kennis opdoen ten opsigte van mikrofoon- en bronposisionering en hul kuns tot 'n hoër gehalte ontwikkel. In dieselfde asem kan ervare klankingenieurs meer betekenisvolle afleidings en gevolgtrekkings maak waar daardie stilswyende kennis (Horning, 2004:710) stipuleer kan word.

Die gehalte van 'n opname en die aspekte wat daardie gehalte en toonkleure kan beïnvloed is gedefinieer ten einde 'n beter begrip te vestig oor wat die tegniese beperkinge vereis waar binne die mees ideale mikrofoonposisie karteringstelsel ontwerp kan word. Verskillende karteringsmetodes is ondersoek, waarna aanpassings en direkte gebruike van karteringsmetodologie ontgin is ten einde voorstelle vir 'n ideale mikrofoonposisie karteringstelsel te vorm. Daardie voorstelle is in ideale toestande toenemend in koste, tydsbesparing en funksionaliteit, waar na verdere ondersoek tegnologie gedrewe stelsels oor te veel tekortkominge beskik om by 'n musiektegnologie gedrewe karteringstelsel ingesluit te word. Gevolglik is die primêre navorsingsvraag beantwoord en die hoof doelwit bereik deurdat 'n koördineerde stel riglyne gevestig is om 'n reeks prosesse uiteen te sit met die doel om 'n samehangende stelselontwerp vir die akkurate kartering van mikrofoonposisies voor te stel.

6.1 Verdere navorsing

Die verstekstelsel wat as slot bydrae tot hierdie studie staan, is die gevolg van 'n kwalitatiewe evaluering van karteringstegniese. Verskillende karteringsteg-

nieke is oorweeg, maar die herroeping van posisionele inligting was nie deur moderne karteringstegnieke, soos fotografiese kartering en driedimensionele modellering, bemagtig nie. Die gevolg is dat die verstek karteringstelsel 'n samevatting van karteringstegnieke is wat wel herroeping bemagtig, alhoewel dit nie aan die doelwit van eenvoud voldoen nie.

Vir verdere navorsing word die bepaling van posisies deur middel van driedimensionele modellering sterk aanbeveel. Alhoewel die toestel wat vir hierdie studie benut is oor te veel tekortkominge beskik om as deel van die stelsel se infrastruktuur geag te word, word daar verwag dat soortgelyke toestelle in die toekoms 'n verbetering in funksionaliteit, akkuraatheid en betroubaarheid sal bied.

Bylaes

Bylae A

Eksperimente

A.1 Tegniese Vereistes

Om die beperkinge en vereistes van 'n mikrofoon kartering en herroeping sisteem te definieer is standaard sowel as lukrake mikrofoon- en bronplasinge aangewend. Daarna is daardie spesifieke opstellings gefotografeer en afgebreek en so na as moontlik vanaf die ongeredigeerde foto's afgelei. Die eksperiment is in die Endler saal aan die Universiteit van Stellenbosch Konservatorium uitgevoer.

A.1.1 Lyn eksperiment

A.1.1.1 Doelwit

Die eksperiment is uitgevoer om te bepaal of kontoerlyne volgens planimetriese bakens getrek kan word en of 'n basis stensil vir 'n betrokke opnamelokaal ontwikkel kan word. Indien dit moontlik bevind is, sal verskillende kleur kontoerlyne getoets word om te bepaal of topografie daardeur beklemtoon word.

A.1.1.2 Metodologie

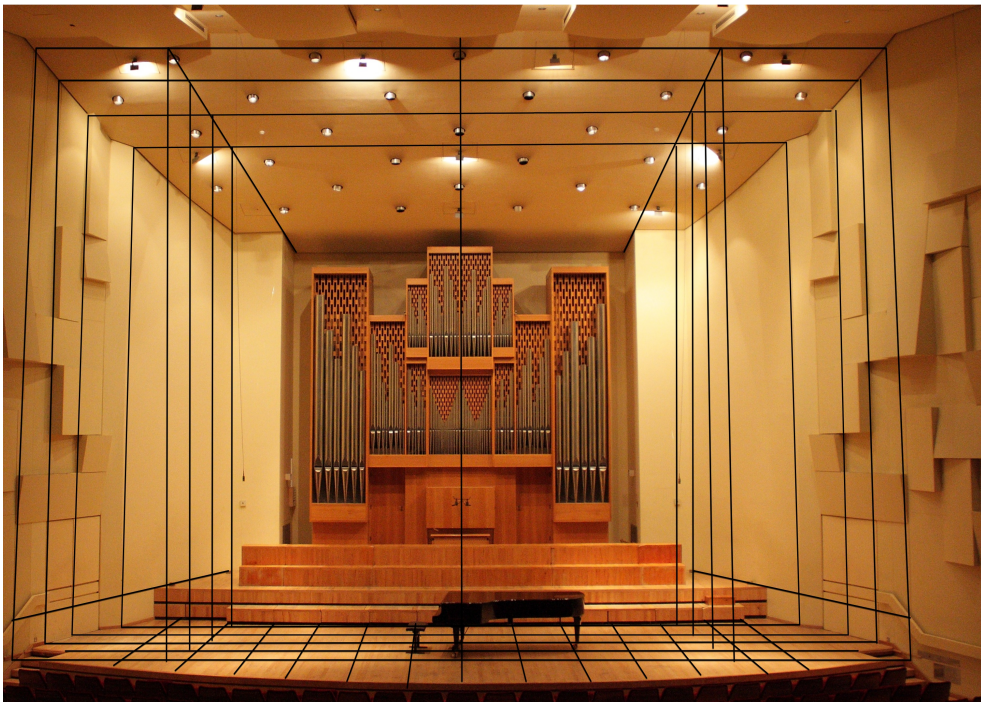
'n Foto is van die konsertsaal geneem waarna planimetriese bakens gedefinieer word. Die foto sal digitaal geredigeer word deur kontoerlyne volgens die planimetriese bakens na te trek. Die die kleur toets is drie verskillende kleure aangewend, waarna 'n basis stensil ontwikkel sal word.

A.1.1.3 Gevolgtrekking

Die afleiding van kontoerlyne op grond van fotografeerde planimetriese inligting is moontlik en die ontwikkeling van 'n verstek stensil vir 'n betrokke opnameruimte is uitvoerbaar.



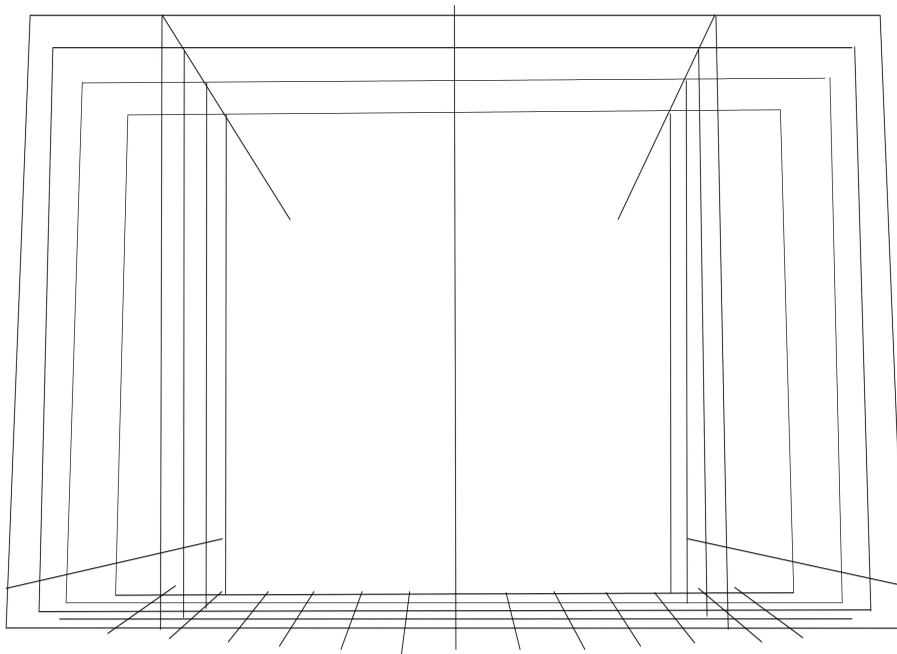
Figuur A.1: Foto dien as basis vir planimetriese aantekeninge



Figuur A.2: Kontouerlyn toets



Figuur A.3: Kleur toets



Figuur A.4: Verstek stensil

A.1.2 Skimbeeld Toetsing

A.1.2.1 Doelwit

Die digitale redigering van foto's laat 'n gebruiker toe om deursigtigheid verstellings te kan manipuleer. Daardie vermoë word getoets om te bepaal of 'n basis stensil bo-oor 'n foto superponeer kan word om mikrofonposisies volgens planimetriese kontoerlyne te kan aflei.

A.1.2.2 Metodologie

'n Verstek opstelling is verrig en vanaf 'n vaste voorafbepaalde punt gefotografeer. 'n Tweede foto van 'n opstelling word geneem met ander mikrofoon- en klankbronposisies. Deur die twee beelde oor mekaar te superponeer is skimbeelde van plasings verwag wat nie posisioneel ooreen stem nie. Gevolglik sal die verstek stensil bo-oor daardie beelde superponeer word om te bepaal of 'n akkurate oriëntasie sin vir 'n gebruiker daardeur geskep word.

A.1.2.3 Gevolgtrekking

Skimbeelde is duidelik sigaar wanneer twee foto's oor mekaar gesuperponeer word en die voorste foto se deursigtigheid verstel word. Gesamnetlik is die lê van 'n stensil bo-oor daardie beelde moontlik, maar weens verwringde dieptepersepsie is die afleiding van diepte posisies bevraagtekenbaar en word 'n skkurate sin vir oriëntasie nie deur die benutting van 'n kontoerlyne aan 'n gebruiker gekommunikeer nie.

A.1.3 Driedimensionele modellering posisionele eksperiment

A.1.3.1 Doelwit

Die experiment is uittevoer om te bepaal hoe akkuraat 'n draagbare driedimensionele skandeerder nabye opstellings modelleer.

A.1.3.2 Metodologie

Mates is deur middel van handmates met 'n maatband en gradeboog op grond van 'n koördinaatstelsel bepaal, waar die mates wat deur die driedimensionele skandeerder opgetel is tydens 'n post produksie proses afgelei sal word. Koördinate word op grond van X, Y en Z kartetiese koördinate bepaal, waar mikrofoon oriëntasie op grond van invalshoeke teenoor 'n horisontale vlak bepaal word.



Figuur A.5: Figuur 3.2 oor 3.1 superponeer; skim beelde van mikrofoonposisies te siene

Nr	Mikrofoon	Hoogte	Breedte	Lengte	Paar	Poolpatroon	A-as	B-as
1	SM57	70	179	441	1	-	143	200
2	SM57	78	256	441	1	-	64	190
3	RM700	71	224	401	-	-	90	90
4	NT2000	143	135	245	2	Kardioïd	128	90
5	NT2000	141	283	249	2	Kardioïd	65	90

Tabel A.1: Mates gemeet vir Toets



Figuur A.6: Figuur 3.3 oor 3.1 en 3.2 superponeer; skim beelde van onakkurate mikrofoonposisies te siene

A.1.3.3 Gevolgtrekking

Verskeie tekortkominge is bevind en maak die afleiding van posisionele inligting moeilik of onmoontlik. Die skandeerder verwerp swart oppervlaktes (fig. A.9, waarskynlik omdat swart alle lig absorbeer en die toestel punt-wolke op grond van lig refleksies genereer. Dit het die gevolg dat groot hoeveelhede toerusting nie karteer kan word nie, want die skandeerder tel nie daardie voorwerpe as deel van die punt-wolk op nie. Om nabye plasings te modelleer (fig. A.10 en A.11 moet 'n groot hoeveelheid tyd en sorgvuldigheid nagekom word om swart mikrofone en stoele. Die mees problematiese aspek wat veroorsaak het dat die aanwending van die toestel nie uitvoerbaar is nie, is dat wanneer nabye plasings karteer word, dat die omringende oppervlaktes eerstens nie opgetel word nie, of tweedens dat die beeldmateriaal skeef gelewer word (fig. A.8).

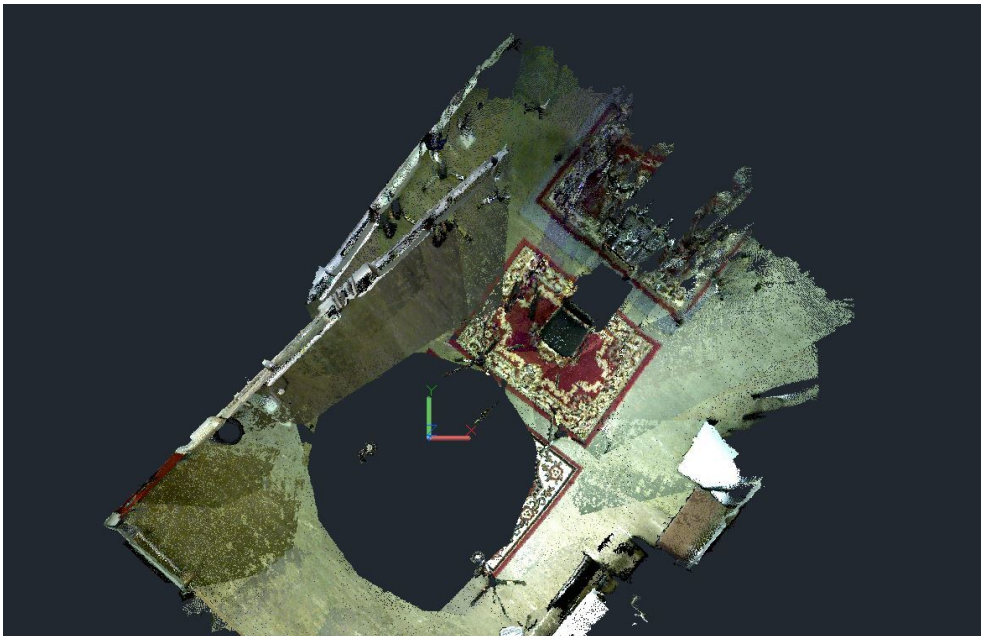
A.1.4 Kleurmerker eksperiment

A.1.4.1 Doelwit

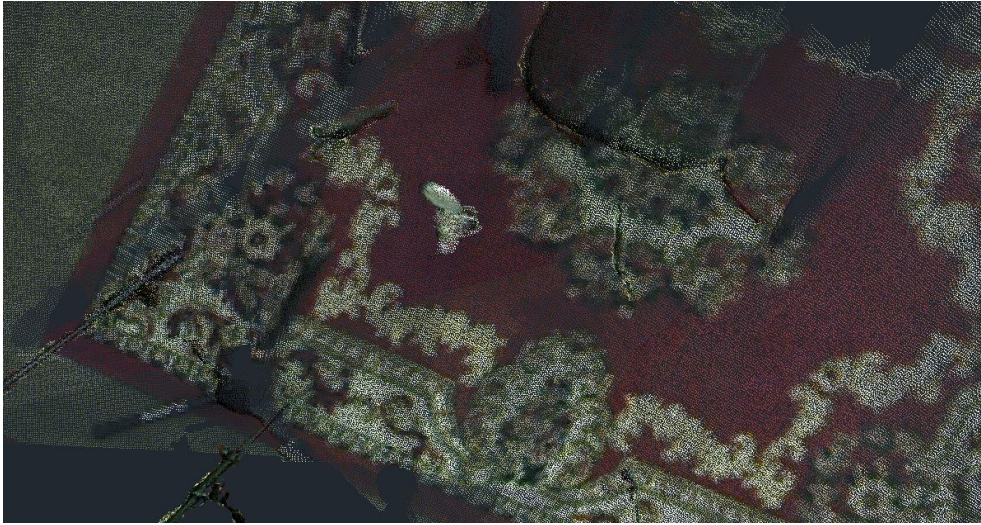
Hierdie eksperiment is opgestel om te bepaal of die gebruik van kleur posisie-merkers mikrofoonposisies in driedimensionele skanderings helderder laat blyk.



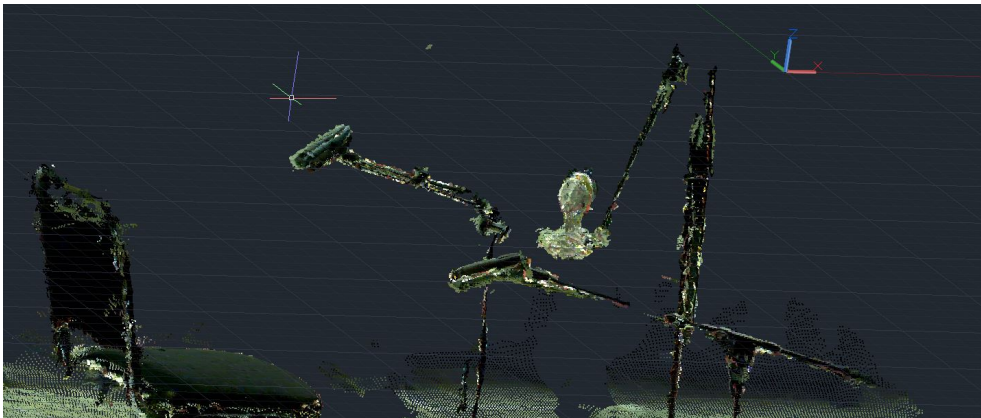
Figuur A.7: Mikrofoonposisie oor stensil superponeer



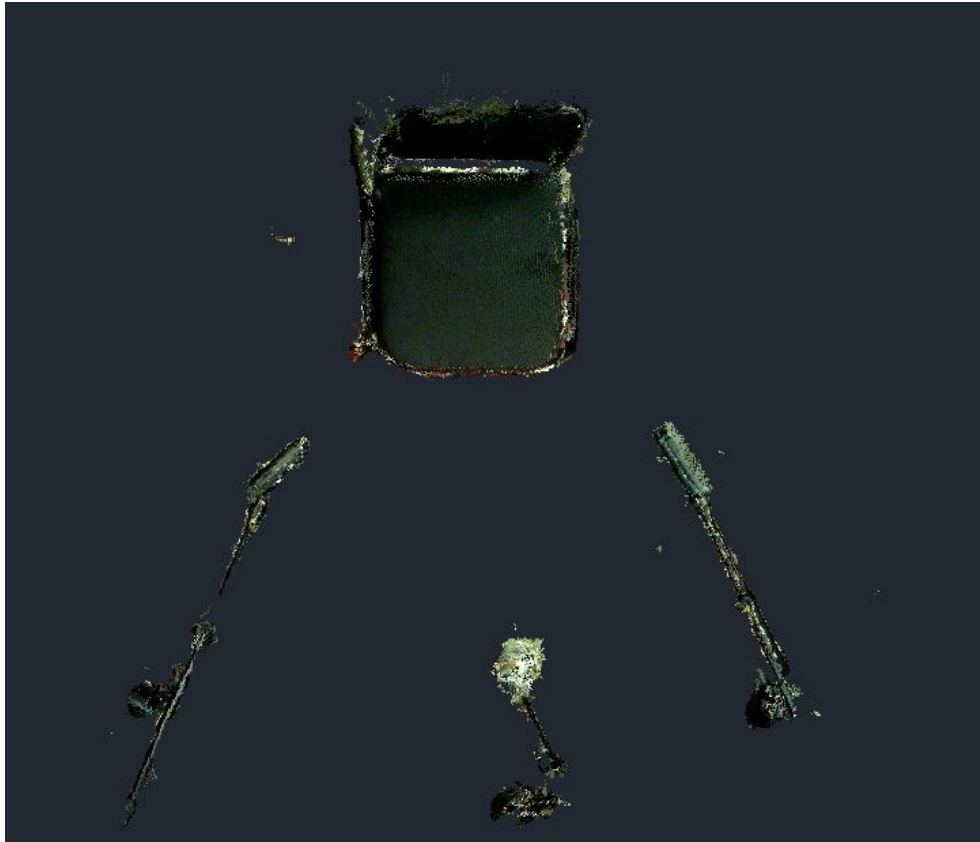
Figuur A.8: 'n Foutiewe skandering - skewe uitvoering van 'n punt-wolk



Figuur A.9: 'n Voorbeeld waar swart en donker kleure deur die skandeerder verwerp word



Figuur A.10: Isoleerde mikrofoon- en bronopstelling sy-aansig



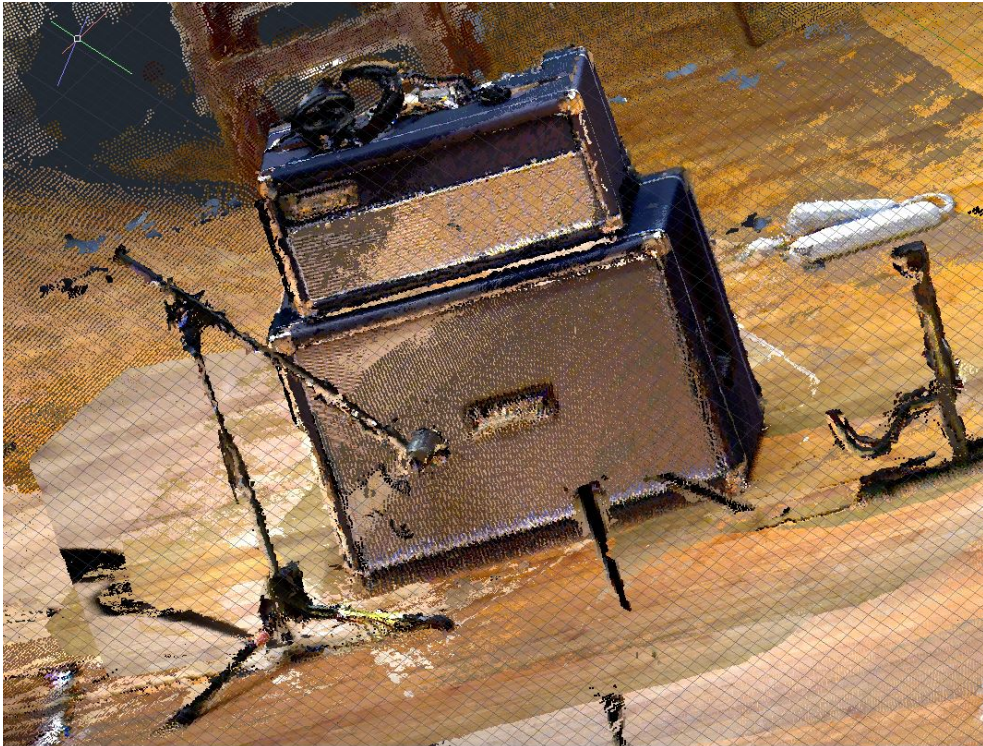
Figuur A.11: Isoleerde mikrofoon- en bronopstelling bo-aansig

A.1.4.2 Metodologie

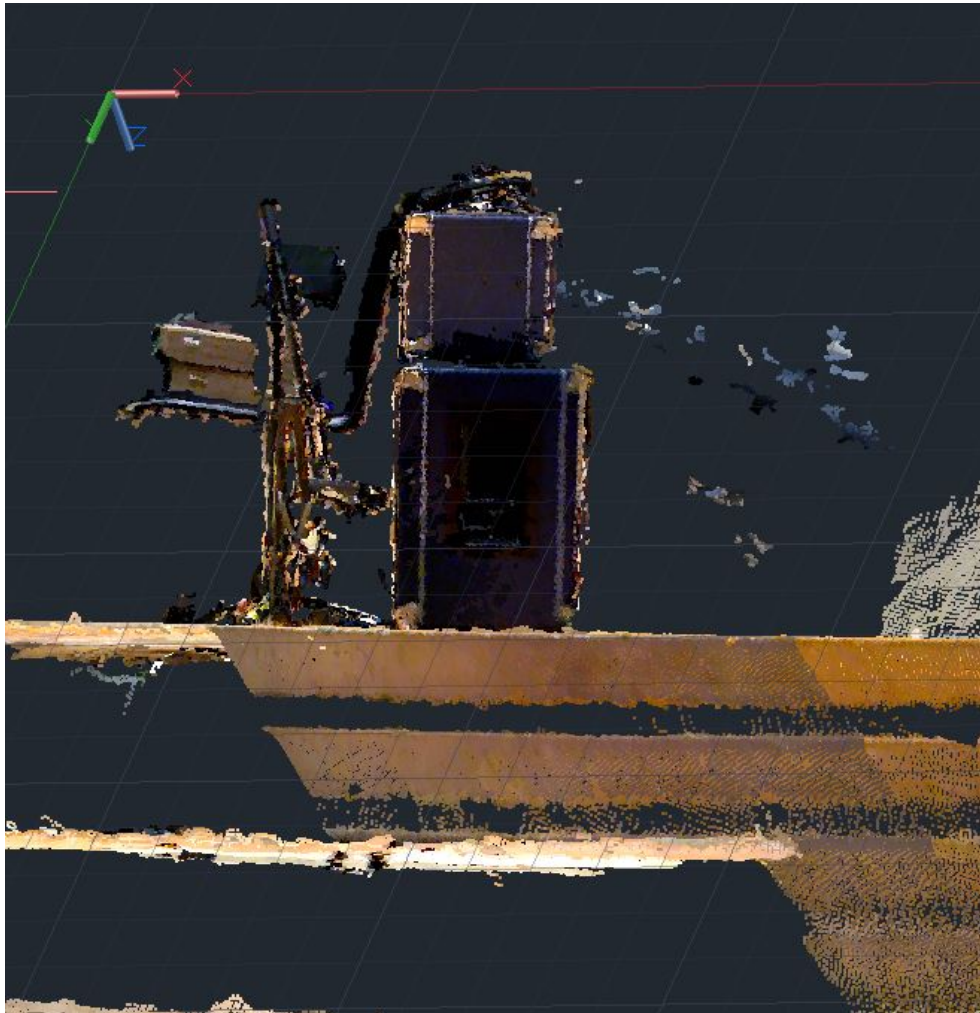
Kleur merkers word oor die lengte van die mikrofone geplaas om te bepaal of die afleiding van mikrofoonposisies op grond van die koördinaatstelsel bepaalbaar is.

A.1.4.3 Gevolgtrekking

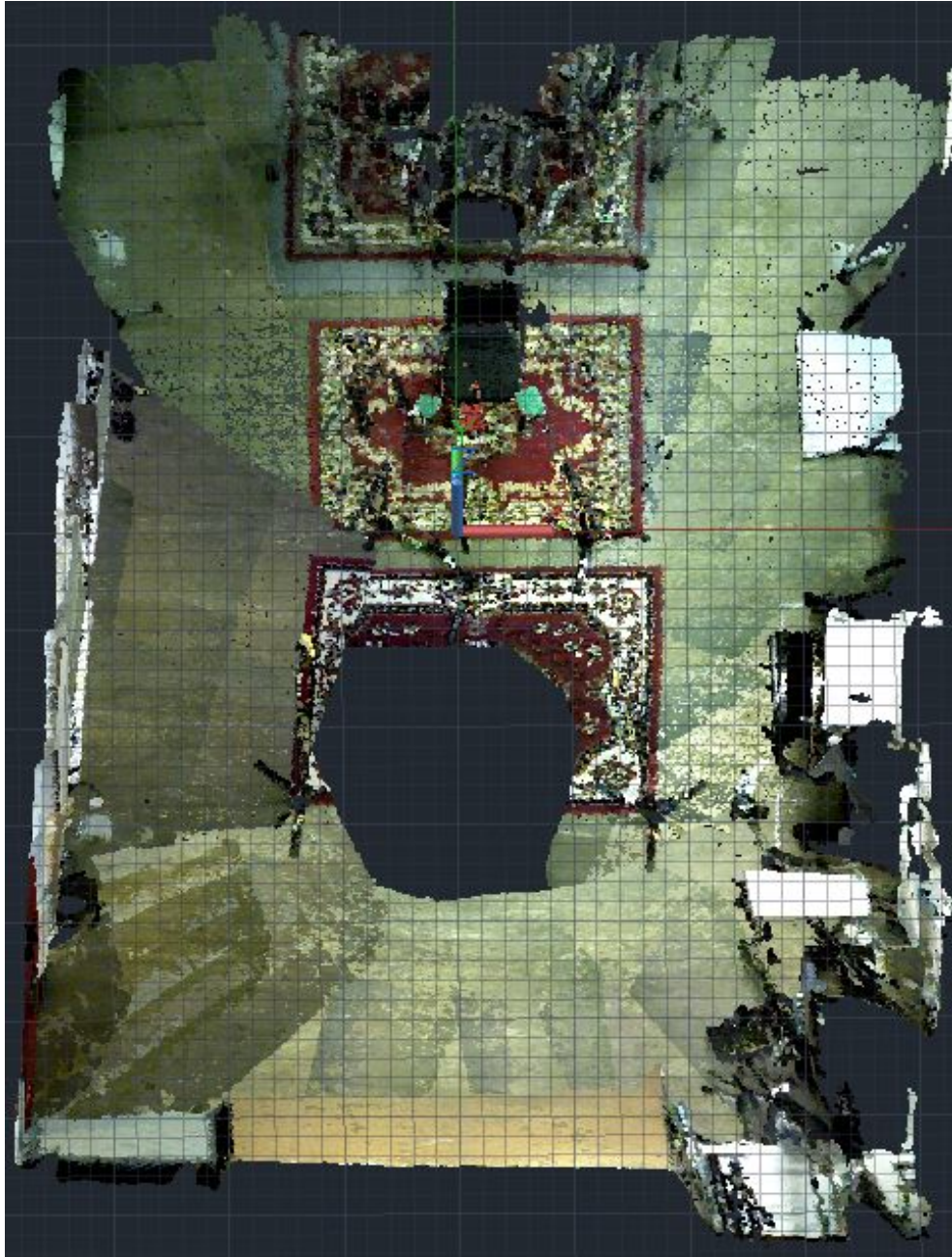
Die byvoeging van kleur merkers in 'n opstelling bied 'n duidelike verskil teenoor vorige skanderings met swart mikrofone en ander oppervlaktes. Mikrofoon oriëntasie is steeds nie afleibaar nie en gevolglik word die moontlikhed om 'n opstelling driedimensioneel te skandeer, modelleer en koördinaatafleidings te maak afgeskryf.



Figuur A.12: Kitaar klankversterker in 'n groter opnameruimte.



Figuur A.13: Model van 'n kitaarklankversterker binne 'n opnameruimte. Weens die toestel se verwerping van swart en donker kleure is geen sy-oppervlakte sigaar nie.



Figuur A.14: Driedimensionele skandering



Figuur A.15: Driedimensionele skandering uittreksel

Bylae B

Toerusting

B.1 DotProduct DPI-8

Die DotProduct DPI-8 driedimensionele skandeerder is 'n hand-draagbare skandeerder wat uit 'n tablet wat deur middel van 'n monteringsstelsel aan 'n Microsoft Kinect sensor gekoppel is bestaan. Weens die algemene bekikbaarheid van slimfoon tablette met hoë prosesseringsvermoëns, gepaardgaande met die verfyning van diepte-sensors, het die vervaardigers daardie vernuwing aangepas om as 'n enkele toestel te funksioneer (figuur 4.5) (Rusu & Cousins, 2011:1). Die sensor beskik oor 'n trefafstand van ongeveer 60 cm - 400 cm met 'n akkuraatheid van 0.5-1 cm (DotProduct, 2015:1) en beskik oor 'n punt-wolk¹ digtheid van 1,7mm teen 'n een meter afstand en 'n digtheid van 3,4mm op 'n afstand van twee meter. Die gevolg hiervan is dat die skandeerder teen 'n maksimale trefafstand van vier meter oor 'n akkuraatheid van die dimensies van 'n voorwerp tot die naaste 10 mm kan beskik.

B.2 Canon 5D SLR kamera

Die Canon 5D SLR kamera is vir die fotografering van voorwerpe en opname lokale in hierdie navorsing benut. Dit is 'n digitale enkel-lens refleks (DSLR) kamera met 'n maksimum beeldlementwaarde van 23,4 megabeeldelemente.

Kamera Tipe	AF/AE
Opname media	CF kaart;
Versoenbaar met UDMA CF kaarte; SD, SDHC en SDXC geheuekaarte	
Beeld formaat	Ongeveer 36 mm x 24 mm (35mm vol-raam)
Versoenbare Lense	Canon EF Lense
Tipe sensor ..	Hoë-sensitiwiteit, Hoë-resolusie, groot-enkelplaat CMOS

¹ 'n Oppervlakte kan vanuit 'n drie-dimensionele stel punte herkonstrueer word, deur 'n arbitrêre driekantige netwerk op grond van die punt-wolk se koördinate te genereer, waar die netwerk punte op 'n voorwerp se oppervlakte dui (Linsen, 2001:1).

sensor

Pixels Effektiewe pixels is ongeveer 22,3 megapixels

Totale pixels 23,4 megapixels

Beeld formaat JPEG, RAW,

M-RAW, S-RAW, RAW + JPEG, M-RAW + JPEG, S-RAW+JPEG

Bylae C

Sagteware

C.1 Pro-Tools 11

Pro Tools is 'n digitale klank werkstelsel, of *digital audio workstation* (DAW) soos wat dit meer algemeen bekend staan. Onder meer word dit vir die opname, redigering en vervaardiging van klank aangewend, maar weens die sagteware se getrouheid tot hoë gehalte klankvervaardiging en opnames is die sagteware vir die noukeurige bestudering van klankvoorbeelde in hierdie navorsing aangewend.

Makimum gelyktydige klank-kanale teen 48/96/192 kHz	128/64/32
Makimum bemonstering spoed	32-bit, 192 kHz
Makimum I/O punte (afhangend van hardeware)	32
Ondersteunde Virtuele instrumente, effekte en klank prosesseerder formate	AAX Native, AAX Audio Suite

Tabel C.1: ProTools 11 sagteware spesifikasies (Avid (2015))

C.2 Phi.3D

Phi.3D is die sagteware waardeur die DotProduct DPI-8 draagbare skandeerder puntwolke na driedimensionele digitale ruimtes verwerk. Die sagteware is ontwerp om op mobiele toestelle te hardloop, waar die RGB (Rooi Groen en Blou) of Lidar inligting tot 'n driedimensionele model in werklike-tyd gelewer word. Die uitvoer van die inligting moet na sagteware soos ReCap,

RealWorks en AutoCad uitgevoer word vir meer noukeurig bestudering (Dot-Product (2015)).

C.3 AutoCAD en ReCap

CAD (*computer-aided design*) is 'n rekenariseerde wyse om voorwerpe op 'n twee- en driedimensionele vlak te ontwerp en kan verken. Dit word in die opmeetkunde en argitektuur aangewend vir die invoer, verwerking en ontwerp van geboue en die afbakening van daardie twee- of drie-dimensionele ruimtes. Vir daardie rede is die sagteware vir die navorsing van hierdie tesis ondersoek. AutoCad is sagteware waarmee daardie twee- en driedimensionele ontwerpe van voorwerpe en gebiede verrig kan word. Dit was nodig om die .dp en .ptx lêers wat by verstek deur die Phi.3D sagteware tydens 'n punt-wolk dataverzameling genereer word, om te skakel na .rcs en .rcp formaat, ten einde die driedimensionele skanderings meer noukeurig te kon bestudeer. Die omskakeling van die lêer formaat is deur die Windows gebaseerde ReCap verrig, waarna die .rcs en .rcp lêers in AutoCad bestudeer is.

Lys van Verwysings

- Aichinger, P., Sontacchi, A. & Schneider-Stickler, B. 2011. Describing the transparency of mixdowns: The masked-to-unmasked-ratio. In *Audio Engineering Society Convention 130*.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=15811> 24
- Alter, S. 2008. Defining information systems as work systems: implications for the is field. *European Journal of Information Systems*, 17(5):448–469. 40, 41, 43, 52
- Avid. 2015. Pro tools software comparison table.
Beskikbaar by: <https://www.avid.com/US/products/pro-tools-software-comparison-table> 80
- Azizi, S.-A. 1997. Realization of linear-phase sound processing filters using zero-phase iir filters. In *Audio Engineering Society Convention 102*.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=7273> 24
- Bagrow, L. 2010. *History of cartography*. Transaction Publishers. 15
- Ballou, G. 2013. *Handbook for sound engineers*. Focal Press. 1, 2, 4, 18, 20, 23, 27, 58
- Barnes, J.W. & Lisle, R.J. 2004. *Basic geological mapping*. John Wiley & Sons. 35
- Barron, R.F. 2002. *Industrial noise control and acoustics*. CRC Press. 6
- Bartlett, B. 1983. Tonal effects of classical music microphone placement. In *Audio Engineering Society Convention 74*.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=11768> 23, 29
- Bartlett, B. 1988. A high-fidelity differential cardioid microphone. In *Audio Engineering Society Convention 85*. Audio Engineering Society. 25, 26
- Bartlett, B. 2013. *Practical Recording Techniques: The step-by-step approach to professional audio recording*. Focal Press. 12, 18, 22, 23, 26, 27, 58
- Bartlett, B.A. 1981. Tonal effects of close microphone placement. *J. Audio Eng. Soc.*, 29(10):726–738.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=3880> 29, 30
- Bauer, B.B. 1987. A century of microphones. *Journal of the Audio Engineering Society*, 35(4):246–258. 17

- Beer, A., Ping-Yü, H., Gwei-Djen, L., Needham, J., Pulleyblank, E. & Thompson, G. 1961. An 8th-century meridian line: I-hsing's chain of gnomons and the pre-history of the metric system. *Vistas in astronomy*, 4:3–28. 15
- Bell, S. 2009. *Encyclopedia of forensic science*. Infobase Publishing. 35
- Beranek, L.L. 1954. Loudspeakers and microphones. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 26(5):618–629. 19
- Beranek, L.L. 1988. Boston symphony hall: An acoustician's tour. *J. Audio Eng. Soc.*, 36(11):918–926, 928, 930.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=5121> 27
- Beranek, L.L. 2008. (concert hall acoustics). *Journal of the Audio Engineering Society*, 56(7/8):532–544. 28
- Bergslien, E. 2012. *An introduction to forensic geoscience*. John Wiley & Sons. 33, 35, 36, 46
- Berka, K. 1983. *Measurement: its concepts, theories and problems*, volume 72. Springer. 15
- Bernhardsen, T. 2002. *Geographic information systems: an introduction*. John Wiley & Sons. 47
- Betlehem, T. & Abhayapala, T.D. 2005. Theory and design of sound field reproduction in reverberant rooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 117(4):2100–2111. 27
- Bilger, R.C. & Hirsh, I. 1956. Masking of tones by bands of noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 28(4):623–630. 25
- Blauert, J., Mourjopoulos, J. & Buchholz, J. 2001. Room masking: Understanding and modelling the masking of reflections in rooms. In *Audio Engineering Society Convention 110*.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=9931> 25
- Board, S.S. *et al.*. 2003. *Using Remote Sensing in State and Local Government:: Information for Management and Decision Making*. National Academies Press. 35
- Boré, G. & Peus, S. 1989. Microphones. 11, 12, 17, 18, 21
- Borradaile, G.J. 2014. *Understanding Geology Through Maps*. Elsevier. 37
- Bowers, B. 2001. *Sir Charles Wheatstone FRS: 1802-1875*. 29. IET. 6
- Canahl Jr, J.A. 1971. Two-versus four-tone masking at 1000 hz. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 50(2B):471–474. 25
- Chandra, A. 2007. *Higher Surveying*. New Age International. 37

- Clifford, A. & Reiss, J. 2011. Proximity effect detection for directional microphones. In *Audio Engineering Society Convention 131*.
 Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=16001> 23
- Corbett, I. 2014. *Mic It!: Microphones, Microphone Techniques, and Their Impact on the Final Mix*. CRC Press. 21
- Cox, E.F. 1957. Sound propagation in air. In *Geophysik II/Geophysics II*, bladsye 455–478. Springer. 6
- Daniel, E.D., Mee, C.D. & Clark, M.H. 1999. *Magnetic recording: the first 100 years*. John Wiley & Sons. 8, 9
- Dash, I. & Fricke, F. 2010. Phase, polarity, and delay or why a loudspeaker crossover is not a time machine. In *Audio Engineering Society Convention 128*.
 Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=15375> 23
- Davis, B.E. 2001. *GIS: A visual approach*. Cengage Learning. 36
- Davis, G. & Davis, G.D. 1989. *The sound reinforcement handbook*. Hal Leonard Corporation. 23
- Dennis, A., Wixom, B.H. & Roth, R.M. 2008. *Systems analysis and design*. John Wiley & Sons. 48
- DotProduct. 2015. Dotproduct dpi-8 3d scanner.
 Beskikbaar by: <http://www.dotproduct3d.com/DPI8.php> 78, 81
- Eargle, J. 2004. *The microphone book*. Taylor & Francis. 9, 10, 11, 21, 30
- Egels, Y. & Kasser, M. 2003. *Digital photogrammetry*. CRC Press. 38
- Enthoffer, J. 1870. *Manual of topography, and text-book of topographical drawing: for the use of officers of the army and navy, civil engineers, academies, colleges, and schools of science*. D. Appleton & Co. 36
- Evans, B. 2011. *Live Sound Fundamentals*. Cengage Learning. 23
- (FAA), F.A.A. 2009. *Federal Aviation Regulations: Aeronautical Information Manual 2010*. Skyhorse Publishing Inc. 37
- Feaster, P. 2010. Édouard-léon scott de martinville: An annotated discography. *ARSC Journal*, 41(1). 6, 7
- Fielder, L.D. 1982. Dynamic-range requirement for subjectively noise-free reproduction of music. *J. Audio Eng. Soc.*, 30(7/8):504–511.
 Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=3829> 22
- Fletcher, H. 1938. Loudness, masking and their relation to the hearing process and the problem of noise measurement. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 9(4):275–293. 25

- Frayne, J.G. 1985. History of disk recording. *Journal of the Audio Engineering Society*, 33(4):263–270. 7, 8
- Gerzon, M.A. & Woram, J.M. 1976. -blumlein stereo microphone technique-and author's reply. *Journal of the Audio Engineering Society*, 24(1):36–38. 10
- Greenwood, D.D. 1961. Auditory masking and the critical band. *The journal of the acoustical society of America*, 33(4):484–502. 25
- Hart, D.A. 1998. The status of digital planimetric and topographic mapping in wisconsin's lake michigan coastal counties. Tegiese Verslag, University of Wisconsin. 35
- Hatzopoulos, J.N. 2008. *Topographic Mapping: Covering the Wider Field of Geospatial Information Science & Technology (GIS & T)*. Universal-Publishers. 37, 38, 46
- Hawkins Jr, J. & Stevens, S. 1950. The masking of pure tones and of speech by white noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 22(1):6–13. 25
- Hebra, A. 2003. *Measure for measure: The story of imperial, metric, and other units*. JHU Press. 15
- Hillaby, J. & Hillaby, C. 2013. *The Palgrave Dictionary of Medieval Anglo-Jewish History*. Palgrave Macmillan. 9
- Holman, T. 2008. *Surround sound: up and running*. Taylor & Francis. 29
- Holman, T. 2010. *Sound for film and television*. Taylor & Francis. 23
- Holman, T. 2014. *Surround sound: up and running*. CRC Press. 10
- Homer, T. 2012. *The Book Of Origins: The first of everything-from art to zoos*. Hachette UK. 6
- Horning, S.S. 2004. Engineering the performance recording engineers, tacit knowledge and the art of controlling sound. *Social Studies of Science*, 34(5):703–731. 1, 2, 11, 12, 62
- Howard, D.M. & Angus, J. 2009. *Acoustics and psychoacoustics*. Taylor & Francis. 11, 22, 28
- Huber, D.M. & Runstein, R.E. 2013. *Modern recording techniques*. CRC Press. 1, 4, 18, 19, 23, 62
- Huber, D.M. & Williams, P. 1998. *Professional microphone techniques*. Hal Leonard Corporation. 12, 17
- Ignatov, P.V. 2004. The history of the tonmeister recording technique in russia. In *Audio Engineering Society Convention 116*. Audio Engineering Society. 8

- Josephson, D. 1999. A brief tutorial on proximity effect. In *Audio Engineering Society Convention 107*. Audio Engineering Society. 23
- Katz, M. 2010. *Capturing sound: how technology has changed music*. Univ of California Press. 7
- Kenney, W.H. 2003. *Recorded Music in American Life: The Phonograph and Popular Memory, 1890-1945*. Oxford University Press. 7
- Kjellstrom, B. & Elgin, C.K. 2009. *Be expert with map and compass*. John Wiley & Sons. 16, 36, 38, 48
- Klepper, D.L. 1990. Live music and architectural acoustics, the basic relationships. In *Audio Engineering Society Conference: 8th International Conference: The Sound of Audio*.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=5432> 27, 28
- Klipsch, P. 1961. Polarity, phase and geometry. *Audio, IRE Transactions on*, 1(1):25–28. 19
- Klooster, J.W. 2009. *Icons of invention: the makers of the modern world from Gutenberg to Gates*. ABC-CLIO. 7
- Knudsen, V.O. 1933. The absorption of sound in air, in oxygen, and in nitrogen effects of humidity and temperature. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 5(2):112–121. 29
- Kock, M., Kock, M., Maillard, R. & Kob, M. 2011. Synthesis of polar patterns as a function of frequency with a twin microphone: Audio examples and applications within the creative process of music mixing. *Audio Engineering Society*. 19
- Kothari, C.R. 2004. *Research methodology: Methods and techniques*. New Age International. 4
- Kraak, M.-J. & Ormeling, F. 2011. *Cartography: visualization of spatial data*. Guilford Press. 33, 34
- Kraus, K. 2007. *Photogrammetry: geometry from images and laser scans*. Walter de Gruyter. 52
- Labuschagne, F. & Eksteen, L. 2010. *Verklarende Afrikaanse Woordeboek*. Pharos. 40
- Lacatis, R., Giménez, A., Barba Sevillano, A., Cerdá, S., Romero, J. & Cibrián, R. 2008. Historical and chronological evolution of the concert hall acoustics parameters. *Journal of the Acoustical Society of America*, 123(5):3198. 27
- Letowski, T. 1985. Development of technical listening skills: Timbre solfeggio. *Journal of the Audio Engineering Society*, 33(4):240–244. 29
- Linsen, L. 2001. *Point cloud representation*. Univ., Fak. für Informatik, Bibliothek. 39, 78

- Lisle, R.J., Brabham, P. & Barnes, J.W. 2011. *Basic geological mapping*, volume 42. John Wiley & Sons. 37
- MacEachren, A.M. 2004. *How maps work: representation, visualization, and design*. Guilford Press. 33
- Mahaney, I.F. 2006. *Topographic Maps*. The Rosen Publishing Group. 33, 36
- Malone, T.W. & Crowston, K. 1990. What is coordination theory and how can it help design cooperative work systems? In *Proceedings of the 1990 ACM conference on Computer-supported cooperative work*, bladsye 357–370. ACM. 41, 42, 58
- Martin, G. 2002. The significance of interchannel correlation, phase and amplitude differences on multichannel microphone techniques. In *Audio Engineering Society Convention 113*. Audio Engineering Society. 25
- Mason, W. & Marshall, R. 1939. A tubular directional microphone. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 10(3):206–215. 19
- Matsudaira, T.K. & Fukami, T. 1973. Phase difference and sound image localization. *J. Audio Eng. Soc.*, 21(10):792–797.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=1921> 23, 24
- McLaughlin, C. 2013. Creating 3d environments from digital photographs. Teghiese Verslag, Bournemouth University. 38
- McLeod, W.T. & Hanks, P. (reds.). 1982. *The New Collins Concise English Dictionary*, volume 1. William Collins Sons and Co. Ltd. 40, 41, 58
- Milanov, E. & Milanova, E. 2007. Creating directed microphones from undirected microphones. In *Audio Engineering Society Convention 122*.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=14047> 23
- Milanova, E. & Milanov, E. 2001. Proximity effect of microphone. In *Audio Engineering Society Convention 110*. Audio Engineering Society. 23
- Millard, A. 2005. *America on record: a history of recorded sound*. Cambridge University Press. 9
- Miller, G. 2012. The smartphone psychology manifesto. *Perspectives on Psychological Science*, 7(3):221–237. 39
- Miller, G.A. 1947. The masking of speech. *Psychological Bulletin*, 44(2):105. 25
- Mills, I.M., Mohr, P.J., Quinn, T.J., Taylor, B.N. & Williams, E.R. 2006. Re-definition of the kilogram, ampere, kelvin and mole: a proposed approach to implementing cipm recommendation 1 (ci-2005). *Metrologia*, 43(3):227. 15
- Monmonier, M.S. 1985. *Technological transition in cartography*. Mark Monmonier. 38

- Moorer, J.A. 1979. About this reverberation business. *Computer music journal*, bladsye 13–28. 28
- Morgan, D. & Falkner, E. 2001. *Aerial mapping: methods and applications*. CRC Press. 33
- Moser, A., Takano, K., Margulies, D.T., Albrecht, M., Sonobe, Y., Ikeda, Y., Sun, S. & Fullerton, E.E. 2002. Magnetic recording: advancing into the future. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 35(19):R157. 10
- Mullin, J.T. 1964. Magnetic recording for original recordings. *Journal of the Audio Engineering Society*. 9
- Mullin, J.T. 1977. Magnetic recording for original recordings. *Journal of the Audio Engineering Society*, 25(10/11):696–701. 8
- Murphy, B.L. & Morrison, R.D. 2007. *Introduction to environmental forensics*. Academic Press. 35, 37
- Newman, I. & Benz, C.R. 1998. *Qualitative-quantitative research methodology: Exploring the interactive continuum*. SIU Press. 4
- Nielsen, D., Knott, A. & Andersen, M.A.E. 2013. Driving electrostatic transducers. In *Audio Engineering Society Convention 134*.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=16746> 18
- Nijssen, C.G.K. 1983. And the music went round and round on rolls, disks or reels. In *Audio Engineering Society Convention 73*.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=11770> 7, 10, 11
- Nmungwun, A.F. 1989. *Video recording technology: Its impact on media and home entertainment*. Routledge. 9
- O'Donovan, A., Duraiswami, R. & Zotkin, D. 2008. Imaging concert hall acoustics using visual and audio cameras. In *Acoustics, Speech and Signal Processing, 2008. ICASSP 2008. IEEE International Conference on*, bladsye 5284–5287. IEEE. 28
- of Weights, I.B., Measures, Taylor, B.N. & Thompson, A. 2001. *The international system of units (SI)*. US Department of Commerce, Technology Administration, National Institute of Standards and Technology. 15
- Olson, H.F. 1931. Mass controlled electrodynamic microphones: The ribbon microphone. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 3(1A):9–9. 18
- Olson, H.F. 1967. Directional microphones. *J. Audio Eng. Soc*, 15(4):420, 422, 426, 428, 430.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=1073> 18
- Olson, H.F. 1976. A history of high quality studio microphones. In *Audio Engineering Society Convention 55*. Audio Engineering Society. 9, 17, 18

- Palmer, G. 2005. *Physics for game programmers*, volume 2560. Springer. 47
- Pauzin, S. & Biron, D. 1985. Vibration effects on acoustic response of pressure transducers. In *Audio Engineering Society Convention 77*. Audio Engineering Society. 18
- Peterson, G.N. 2014. *GIS cartography: a guide to effective map design*. CRC Press. 36
- Peus, S. 1997. Measurements on studio microphones. In *Audio Engineering Society Convention 103*.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=7162> 17
- Pickles, J. 2004. *A history of spaces: Cartographic reason, mapping, and the geo-coded world*. Psychology Press. 15
- Plomp, R. 1970. Timbre as a multidimensional attribute of complex tones. *Frequency analysis and periodicity detection in hearing*, bladsye 397–414. 29
- Quinlan, J.J. 2012. *Latitude, Longitude, and Direction*. The Rosen Publishing Group. 37
- Rabinovich, A. 1936. The effect of distance in the broadcasting studio. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 7(3):199–203. 12
- Rafaely, B. 2004. Plane-wave decomposition of the sound field on a sphere by spherical convolution. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(4):2149–2157. 27
- Ramsay, J.G., Huber, M.I. & Lisle, R.J. 2000. *The techniques of modern structural geology: Applications of continuum mechanics in structural geology*, volume 3. Elsevier. 33, 35, 40, 55
- Robinson, A.H. 1986. The look of maps: An examination of cartographic design. *The American Cartographer*, 13(3):280–280. 33, 46
- Robjohns, H. 2010. Processing stereo audio files.
Beskikbaar by: <https://www.soundonsound.com/sos/nov10/articles/stereoprocessing.htm> 10
- Roche, J.J. 1998. *The mathematics of measurement: A critical history*. Springer. 15
- Ruhl, S. 2008. *Dead man's cell phone*. Theatre Communications Group. 39
- Rumsey, F. & McCormick, T. 2006. *Sound and recording: an introduction*. Taylor & Francis. 11, 12, 18, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 28, 44
- Rusu, R.B. & Cousins, S. 2011. 3d is here: Point cloud library (pcl). In *Robotics and Automation (ICRA), 2011 IEEE International Conference on*, bladsye 1–4. IEEE. 39, 78

- Sank, J.R. 1985. Microphones. *J. Audio Eng. Soc*, 33(7/8):514–547.
 Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=4436> 17
- Savage, S. 2011. *The Art of Digital Audio Recording: A Practical Guide for Home and Studio*. Oxford University Press. 1, 17, 29, 43
- Schneider, M. 2004. Wind and weather. In *Audio Engineering Society Convention 116*.
 Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=12750> 22
- Schneider, M. 2010. Microphone choice: Large or small, single or double? In *Audio Engineering Society Convention 128*. Audio Engineering Society. 17, 18, 22
- Schoenherr, S. 2002. The history of magnetic recording. *University of San Diego*. 9
- Schuch, H.C. 1993. *GIS data conversion handbook*. John Wiley & Sons. 35, 49
- Self, D. 2009. *Audio engineering explained*. Taylor & Francis. 23
- Sessler, G.M., West, J.E. & Kubli, R. 1989. Unidirectional, second-order gradient microphone. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 86(6):2063–2066. 19
- Shalkouhi, P.J. 2009. Letter to the editor classroom reverberation time based on the sabine equation. *Building Acoustics*, 16(4):357–359. 28
- Shankland, R.S. 1977. Architectural acoustics in america to 1930. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 61(2):250–254. 27
- Shepherd, J. & Horn, D. 2012. *Continuum Encyclopedia of Popular Music of the World Volume 8: Genres: North America*, volume 8. Bloomsbury Publishing. 9, 10
- Singh, R. 2000. *Basic Suveying - Theory and Practice*. Oregon Department of Transportation. 56
- Spaeth, A.B. 2008. Room acoustics in the architectural design process. In *26th eCAADe Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, Antwerp*, bladsye 367–374. 28
- Stockham Jr, T.G. 1987. The impact of digital audio. In *Audio Engineering Society Convention 2r*. Audio Engineering Society. 10
- Streicher, R. & Dooley, W. 1985. Basic stereo microphone perspectives-a review. *Journal of the Audio Engineering Society*, 33(7/8):548–556. 1, 10
- Streicher, R. & Dooley, W. 2003. The bidirectional microphone: A forgotten patriarch. *J. Audio Eng. Soc*, 51(4):211–225.
 Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=12236> 9

- Swanson, S. & Taylor, M.B. 2011. Greendroid: Exploring the next evolution in smartphone application processors. *Communications Magazine, IEEE*, 49(4):112–119. 39
- Székely, A., Talanow, R. & Bágyi, P. 2013. Smartphones, tablets and mobile applications for radiology. *European journal of radiology*, 82(5):829–836. 39
- Talbot-Smith, M. 2001. *Audio engineer's reference book*. Taylor & Francis. 21, 26
- Talbot-Smith, M. 2002. *Sound engineering explained*. Taylor & Francis. 28
- Théberge, Devine, E. 2015. *Living Stereo: Histories and Cultures of Multichannel Sound*. Bloomsbury Publishing USA. 10
- Thiele, H.H. 1988. Some remarkable firsts in magnetic recording created and used by the german system until 1944. In *Audio Engineering Society Convention 84*. Audio Engineering Society. 9
- Thiele, H.H. 1992. The austrian pfeumer invented and introduced magnetic tape. In *Audio Engineering Society Convention 92*. Audio Engineering Society. 9
- Thompson, E. 1995. Machines, music, and the quest for fidelity: Marketing the edison phonograph in america, 1877-1925. *Musical Quarterly*, bladsye 131–171. 1, 7, 9
- Thrower, N.J. 2008. *Maps and civilization: cartography in culture and society*. University of Chicago Press. 16, 38
- Toole, F. 2014. Reflecting on reflections. *J. Audio Eng. Soc*, 62(6):454–455.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=17338> 28, 30
- Tozer, E.P.J. 2004. *Broadcast engineer's reference book*. Taylor & Francis. 18, 22
- Turnbull, D. 1996. Cartography and science in early modern europe: Mapping the construction of knowledge spaces. *Imago Mundi*, 48(1):5–24. 16
- Tversky, B., Morrison, J.B. & Betrancourt, M. 2002. Animation: can it facilitate? *International journal of human-computer studies*, 57(4):247–262. 16
- Verster, C. 2015. Investigation of a sweep technique for microphone placement. Meesters tesis, University of Stellenbosch. 30, 31, 32, 44, 49
- Völker, E.-J. & Teuber, W. 2000. Noise levels of microphones for high-quality recordings-are our studios good enough? In *Audio Engineering Society Convention 109*. Audio Engineering Society. 22
- Watkins, S. 1999. Madam, will you talk? *Audio Engineering Society*, XXIV(VIII):289–295. 8

- Weibel, R. 1993. On the integration of digital terrain and surface modeling into geographic information systems. In *AUTOCARTO-CONFERENCE*, bladsye 257–257. ASPRS AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND. 35, 38
- Weinberger, J., Olson, H.F. & Massa, F. 1933. A uni-directional ribbon microphone. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 5(2):139–147. 19
- Whitaker, J.C. & Benson, K.B. 2002. *Standard handbook of audio and radio engineering*. McGraw-Hill. 12, 17, 20, 21, 22, 23, 26, 29
- White, P. 2007. Using microphone polar patterns effectively. Aanlyn.
Beskikbaar by: <http://www.soundonsound.com/sos/mar07/articles/micpatterns.htm> 20
- Wiegand, P. 2006. *Learning and teaching with maps*. Psychology Press. 36
- Woo, H., Kang, E., Wang, S. & Lee, K.H. 2002. A new segmentation method for point cloud data. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42(2):167–178. 39
- Woodward, D. 1987. *Art and cartography: six historical essays*. University of Chicago Press. 16
- Wright, J.K. 1923. Notes on the knowledge of latitudes and longitudes in the middle ages. *Isis*, 5(1):75–98. 16
- Wu, S., Li, Q. & Kittinger, E. 2002. A new criterion for concert hall loudness evaluation. In *Audio Engineering Society Conference: 21st International Conference: Architectural Acoustics and Sound Reinforcement*.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=11208> 27
- Wun, C.-W. & Horner, A. 2001. Perceptual wavetable matching for synthesis of musical instrument tones. *Journal of the Audio Engineering Society*, 49(4):250–262. 25
- Wuttke, J. 1992. Microphones and wind. *Journal of the Audio Engineering Society*, 40(10):809–817. 18
- Wuttke, J. 2009. The analog microphone interface and its history. In *Audio Engineering Society Convention 126*.
Beskikbaar by: <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=14969> 22
- Young, D.S. 1989. Implementation of si units for clinical laboratory data style specifications and conversion tables. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 50(1):190–205. 15, 16
- Zahorik, P. & Wightman, F.L. 2001. Loudness constancy with varying sound source distance. *Nature neuroscience*, 4(1):78–83. 27