

Bachelorarbeit
im Studiengang Audiovisuelle Medien

Virtuelle Professionalität -
kann eine simulierte Abhörumgebung eine reale Tonregie ersetzen?

vorgelegt von Phillipp Reineboth - Martikel- Nr. 20454
an der
Hochschule der Medien Stuttgart

Eingereicht am
24. Oktober 2012

Erstprüfer | Prof. Oliver Curdt
Zweitprüfer | Dipl.-Ing. (FH) Heiko Schulz

„Hiermit versichere ich, **Phillipp Reineboth**, an Eides Statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel: „**Virtuelle Professionalität - kann eine simulierte Abhörumgebung eine reale Tonregie ersetzen?**“ selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht oder in anderer Form als Prüfungsleistung vorgelegt worden.

Ich habe die Bedeutung der eidesstattlichen Versicherung und die prüfungsrechtlichen Folgen (§26 Abs. 2 Bachelor-SPO (6 Semester), § 23 Abs. 2 Bachelor-SPO (7 Semester) bzw. § 19 Abs. 2 Master-SPO der HdM) sowie die strafrechtlichen Folgen (gem. § 156 StGB) einer unrichtigen oder unvollständigen eidesstattlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.“

Datum | Ort

Phillipp Reineboth

Der Kopfhörer ist ein vielseitiges Werkzeug, das einen exzellenten Schallwandler darstellt und zudem raumunabhängiges Arbeiten ermöglicht. Jedoch lässt sich sein Potenzial nicht effektiv umsetzen, denn eine Mischung, die mit dem Kopfhörer angefertigt wurde, ist allzu oft nicht mit Lautsprechern kompatibel. Der Vorteil des raumunabhängigen Hörens entpuppt sich als eine große Schwäche, da wir akustische Signale ohne räumlichen Bezug ganz anders wahrnehmen. Allerdings gibt es Möglichkeiten, dieses Problem mit Hilfe einer kopfhörerbezogenen Raumsimulation zu lösen. Einer dieser Lösungsansätze ist der Realiser A8 von der Firma Smyth Research. Unter Einbeziehung der individuellen HRTF des Hörers bildet der Realiser eine reale Tonregie für den Kopfhörer virtuell nach.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob solch ein virtueller Abhörraum einer akustisch gestalteten Tonregie und entsprechenden Studiomonitoren ebenbürtig ist. Hierzu wurden in verschiedenen simulierten Räumen Mischungen erstellt und anschließend die Ergebnisse in dem realen Raum gegengehört und beurteilt. Neben einer Bewertung der Mischung fand zudem noch ein Vergleich mit einem Mix statt, der in einer realen Tonregie erstellt wurde.

Headphones are a multifunctional device in order to convert sound. They also make it possible to work without the acoustics of a room. Nevertheless, its capability can't be used effectively, because a headphones-based mix is most of the times incompatible with speakers. The advantage of hearing without the auditory spaciousness turns out to be a big weakness, due to the fact that we perceive acoustic signals differently without a room. However, the possibility of a headphone-related room simulation is the attempt to resolve this problem. The Smyth Realiser A8 from Smyth Research is such a simulation device that reproduces the acoustics of real mixing room virtually on headphones. The Realiser also works with the individual head related transfer function (HRTF) of a user.

This Bachelor thesis deals with the question if a virtual mixing room is equal to its real counterpart. Therefore, I produced several mixes in different simulated rooms. Afterwards, those mixes were evaluated in the corresponding authentic room. Along with this evaluation, the mixes were also compared to a mix that was produced in a real studio room.

A Erklärung.....	2
B Der Entwurf.....	3
C Inhaltsverzeichnis.....	4
 1. Einleitung.....	 7
 2. Hören.....	 8
2.1 Das Außenohr.....	8
2.2 Räumliches Hören.....	9
2.3 Lokalisation.....	10
2.3.1 Lokalisation in der Horizontalebene.....	10
2.3.1.1 Interaurale Laufzeitdifferenzen (ITD).....	10
2.3.1.2 Interaurale Pegeldifferenzen (ILD).....	11
2.3.1.3 Zusammenwirken von interauralen Laufzeit-(ITD) und Pegeldifferenzen (ILD).....	11
2.3.2 Lokalisation in der Medianebene.....	12
2.4 Entfernungshören.....	13
2.4.1 Mittlere Entfernungen.....	13
2.4.2 Große Entfernungen.....	15
2.4.3 Kleine Entfernungen.....	16
2.4.4 Diffusschall.....	16
 3. Wiedergabeverfahren.....	 17
3.1 Natürliches Hören.....	17
3.2 Lautsprecherwiedergabe.....	17
3.3 Kopfhörerwiedergabe.....	18
 4. Binaurale Technik.....	 21
4.1 Der Grundgedanke.....	21
4.2 HRTF (Head-Related Transfer Function).....	21
4.3 Trennkörpertechnik.....	23
4.4 Kunstkopfstereofonie.....	24
4.5 Systemtheorie.....	25
4.5.1 System.....	25

4.5.2 Impulsantwort.....	26
4.5.3 Faltung.....	26
4.6 Binaurale Simulation (Virtueller Abhörraum).....	27
5. Smyth Realiser A8.....	29
5.1 Konzept.....	29
5.2 Das Gerät.....	29
5.3 Funktionsweise.....	30
5.4 Ablauf einer Messung.....	31
5.4.1 PRIR (Personalised Room Impulse Response).....	31
5.4.1.1 Kanalzuordnung.....	31
5.4.1.2 Messmikrofone.....	31
5.4.1.3 Pegelkalibrierung.....	32
5.4.1.4 PRIR – Messung.....	32
5.4.1.5 Blickwinkelermittlung.....	32
5.4.1.6 Diagnoseseiten.....	33
5.4.2 HPEQ (Headphone Equalizer).....	33
5.4.3 Presets.....	34
5.4.4 Ergebnis.....	34
5.4.5 Probleme.....	34
6. Praktische Arbeit.....	35
7. Einmessen.....	37
7.1 Vorbereitung.....	37
7.2 Messversuche.....	37
7.3 Platzieren der Messmikrofone.....	38
7.4 Kopfhörerauswahl.....	38
8. Die Messung.....	39
8.1 A Regie – Hochschule der Medien Stuttgart.....	39
8.2 Mertens Audio Engineering.....	40
8.3 Regie 1 - Bauer Studios Ludwigsburg.....	40
8.4 Tonregie 4 - Institut für Musik und Medien Düsseldorf (IMM).....	41
8.5 Fazit.....	42

9. Vorbereitung	43
9.1 Vorüberlegung zum Mischen.....	43
9.2 Die Vormischung (Referenz-Mischung).....	43
9.3 Das Mischstudio – A Regie HdM.....	44
9.4 Die Mischung.....	45
9.5 Vorgehensweise bei der Erstellung der Mischungen.....	47
 10. Mischen mit dem Realiser.....	 49
10.1 Einhören.....	49
10.2 Effekte beim Mischen.....	49
10.3 Unterschiede bei den Mischungen.....	51
10.3.1 Gitarre HdM-Referenz.....	51
10.3.2 Gitarre HdM-Smyth.....	51
10.3.3 Gitarre Bauer Studios.....	52
10.3.4 Gitarre Mertens Audio.....	52
10.3.5 Gitarre IMM.....	52
10.4 Messfehler.....	53
10.5 Umgang mit den Messungen.....	54
 11. Auswertung.....	 55
11.1 Gegenüberstellung.....	55
11.1.1 Regie 1 – Bauer Studios Ludwigsburg.....	56
11.1.2 Mertens Audio Engineering.....	57
11.1.3 Institut für Musik und Medien Düsseldorf.....	57
11.1.4 A Regie – Hochschule der Medien-Stuttgart.....	58
11.2 Vergleichbarkeit der Mischungen.....	59
11.3 Fazit.....	60
 D Danksagung.....	 62
E Quellenverzeichnis / Literaturverzeichnis.....	63
F Abbildungsverzeichnis.....	64
G Anhang.....	66

Bei heutigen Produktionen ist oftmals Flexibilität gefragt. Besonders in der Klassik ist man aus klanglichen Gründen oftmals auf bestimmte Konzertsäle angewiesen, wobei man für die Produktion meist nicht gerade ideale Abhörbedingungen vorfindet. Um sich von äußeren Umständen unabhängiger zu machen, wird hierbei bevorzugt mit Kopfhörern gearbeitet. Auch in kleineren Projektstudios oder bei Jungunternehmen greift man vielfach aus finanziellen Gründen gern auf den Kopfhörer zurück. Denn selbst wenn man über gute Abhörmonitore verfügt, stellt zudem der Abhörraum einen ebenso wichtigen Faktor dar. Die klangliche Gestaltung eines Raumes kann jedoch sehr aufwendig sein.

Allerdings ist gerade der Faktor, dass man sich durch den Kopfhörer vom Abhörraum unabhängig macht, ein große Schwachstelle. Da der Kopfhörer die Ohrmuschel komplett umschließt, werden sämtliche Raumeinflüsse abgeschottet. Dieser Umstand führt zu einem veränderten Höreindruck, der sich wesentlich von unserem normalen Hören unterscheidet. Hierbei treten eine Vielzahl von Effekten und Problemen auf, die dazu führen, dass ein über Kopfhörer produzierter Titel - über Lautsprecher wiedergegeben - sehr verschieden klingt. Das führt schließlich dahin, dass über Kopfhörer erzeugte Mischungen letztlich oftmals nicht zufriedenstellend sind. Folglich besteht eine recht hohe Diskrepanz zwischen Mischungen, die mittels Lautsprecher erzeugt wurden und solchen, die mit Kopfhörer gemischt wurden. Der Kopfhörer kann seine eigentlichen Stärken demnach nicht wirklich ausspielen.

Um diesem Problem entgegen zu wirken, gibt es zahlreiche Lösungsansätze. Einer davon ist der Realiser A8, der von der Firma Smyth Research entwickelt wurde. Das Gerät simuliert die klanglichen Eigenschaften eines realen Raumes auf dem Kopfhörer. Der Raum wird zuvor mit Hilfe mehrerer Impulsantworten auditiv erfasst, wodurch sein „akustischer Fingerabdruck“, die Eigenschaften der Lautsprecher, sowie die individuelle HRTF des Hörers eingefangen wird. Wenn diese Messung erfolgreich war, ist der Höreindruck zwischen Kopfhörer und Abhörraum verblüffend ähnlich. Da der Smyth Realiser also in der Lage ist, einen Raumeindruck täuschend echt auf dem Kopfhörer zu simulieren, stellt sich mir nun die Frage, inwieweit es möglich ist, professionell mit solch einem simulierten Raum zu arbeiten. Das Gerät ist in der Lage, bis zu acht Kanäle zu simulieren und ermöglicht dadurch, Surround, Auro 3D oder andere Mehrkanalverfahren auf den Kopfhörer wiederzugeben. Aus diesem Grund entschied ich mich, ein Rock/Pop Stück in 5.1 zu arrangieren und in verschiedenen simulierten Räumen zu mischen. Auf diese Weise möchte ich überprüfen, ob diese Mischungen in den realen Räumen funktionieren und in welchen Bereichen Unterschiede auszumachen sind. Lediglich einmal wurde ein A/B-Vergleich angestrebt, bei dem sowohl in der realen Tonregie, als auch über den Realiser im virtuellen Abhörraum der gleichen Tonregie eine Mischung angefertigt wurde.

Der Vorgang des Hörens stellt sich als sehr komplex dar. Aufgrund unserer Anatomie und unserer Hörerfahrungen ist das jeweilige Hörempfinden sehr individuell. Auch gibt es eine Vielzahl von psychoakustischen Effekten, die unser Hören beeinflussen. Ich möchte im Rahmen dieser Arbeit ausschließlich näher auf den Aspekt des räumlichen Hörens eingehen. Für vollständige und umfangreichere Ausführungen zum Gehör und dem Hörvorgang sollte darüber hinaus einschlägige Fachliteratur konsultiert werden.

Zusätzlich weise ich darauf hin, dass ich die von Blauert vorgeschlagene Terminologie verwende. Diese besagt, dass sich alle Begriffe, die das Wort „Schall“ enthalten (Schallereignis, Schallquelle,...) auf die physikalische Seite des Hörvorgangs beziehen. Hingegen wird das Gehörte, beziehungsweise akustisch Wahrgenommene mit der Vorsilbe „Hör“ gekennzeichnet.¹

Das Außenohr | 2.1

Das Außenohr umfasst die Ohrmuschel, das Ohrläppchen, sowie den äußeren Teil des Gehörgangs. Es ist als eine Art richtungsabhängiger Schallreflektor zu verstehen und somit wesentlich für den Lokalisationsvorgang verantwortlich. „Durch Überlagerung von Direktschall und Ohrmuschel-Reflexion entsteht an der Öffnung des Gehörgangs (Ohrkanal) ein charakteristisches Interferenzmuster, das sich als richtungsabhängiges hochfrequentes Kammfilter mit Pegeldifferenzen von rund 20 dB auswirkt“.²

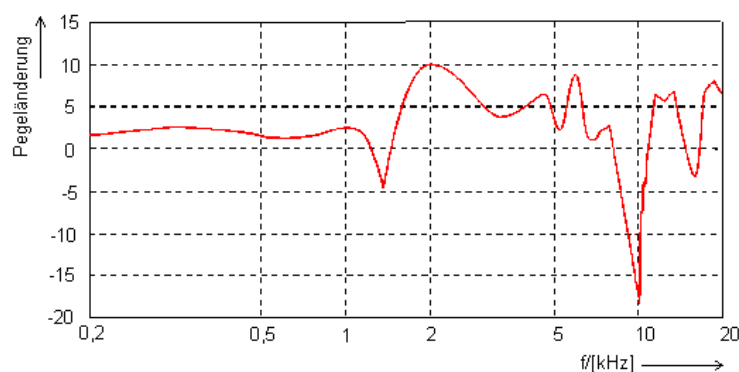


Abb. 2-1: Interferenzmuster des Außenohr

Dieses charakteristische Interferenzmuster wird als Außenohr-Übertragungsfunktion oder HRTF (engl. head related transfer function) bezeichnet und macht eine Lokalisation in der Horizontal-, Frontal- und Medianebene möglich.

¹ vgl. Blauert, 1974, S. 2

² Görne, 2006, S.103

Richtungswahrnehmung oder Lokalisation bildet zusammen mit dem Entfernungsempfinden die räumliche Wahrnehmung des Gehörs. Grundlage für unsere räumliche Wahrnehmung ist das binaurale („zweiohrige“) Hören. Ähnlich der visuellen Erfassung benötigen wir zwei Ohren, um aus den unterschiedlichen Signalen vom linken und rechten Ohr Information wie Richtung, Entfernung oder Räumlichkeit herzuleiten. Für eine präzise Richtungsangabe von Schallereignissen wird der Raum um den Kopf in drei Ebenen aufgeteilt:

- „Die Horizontalebene: Sie liegt in der Horizontalen und beschreibt die Signalrichtungen links, rechts, vorn und hinten.
- Die Frontalebene: Sie definiert sich um die Ohren und den Hals herum und beschreibt die Richtungen links, rechts oben und unten.
- Die Medianebene: Sie geht über die Nase, den Hals und den Hinterkopf und beschreibt die Richtungen vorne, hinten oben und unten.“³

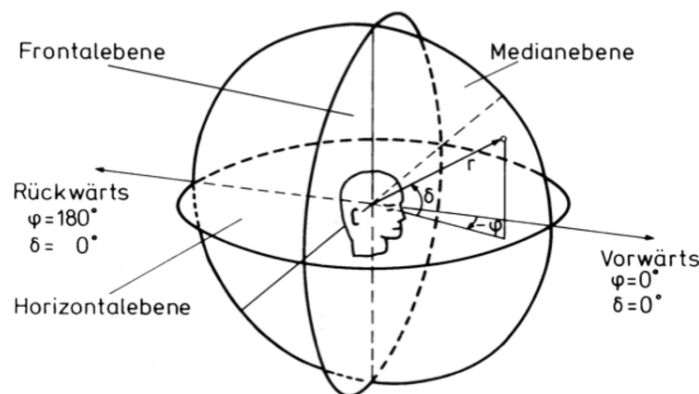


Abb. 2-2: Kopfbezogenes Koordinatensystem

Es gibt verschiedene Lokalisationsmechanismen, die es uns in ihrer Kombination ermöglichen, die Schalleinfallrichtung schnell und exakt zu bestimmen. Hierbei spielen sowohl Laufzeit- und Pegeldifferenzen eine Rolle, sowie die Hervorhebung bestimmter Frequenzbereiche. Aber auch schmalbandige, spektrale Einbrüche durch Reflexionen an der Ohrmuschel und der Bekanntheitsgrad des Signals tragen zu einer guten Lokalisation bei.⁴

³ Friesecke, 2007, S. 111

⁴ vgl. Friesecke, 2007, S. 133

Unter dem Begriff der Lokalisation ist zu verstehen, wie genau es möglich ist, die Richtung, aus der ein Schallereignis kommt, zu bestimmen. Es gibt verschiedene Lokalisationsmechanismen, die zuvor bereits erwähnt wurden. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass mit tiefer werdenden Frequenzen die Position der Schallquelle schlechter bestimmbar ist. Das hängt vor allem mit den sich ausdehnenden Wellenlängen zusammen. Besonders gut lassen sich impulsartige Schallsignale lokalisieren, wobei aber auch mit der Dauer eines Signals die Genauigkeit der Ortung steigt.⁵

Lokalisation in der Horizontalebene | 2.3.1

Für die Lokalisation in der Horizontalebene sind hauptsächlich zwei Lokalisationsmechanismen verantwortlich. Zum Einen geschieht dies durch interaurale Laufzeit- und Pegeldifferenzen, zum Anderen verursacht die Ohrmuschel durch ihre Form frühe Reflexionen. Diese verursachen das zuvor erwähnte charakteristische Interferenzmuster (siehe Abb. 2.1), das aber einen weitaus geringeren Einfluß auf das horizontale Richtungshören hat. Zusammen führt dies zu einer relativ guten Lokalisation von 2° - 3° bei frontaler Blickrichtung (0°) und einer Genauigkeit von 4° - 5° für seitlich auftreffenden Schall (90°).⁶

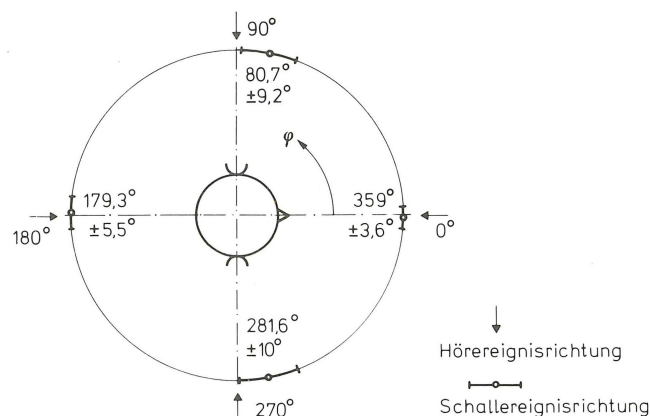


Abb. 2-3: Lokalisationsunschärfe in der Horizontalebene

Interaurale Laufzeitdifferenzen (ITD) | 2.3.1.1

Interaurale Laufzeitdifferenzen gelten beim natürlichen Hören als maßgeblich für eine gute Lokalisation. Trifft ein Signal nicht genau mittig, sondern etwas seitlich auf den Kopf, benötigt der Schall etwas länger um das signalabgewandte Ohr zu erreichen. Diese Zeitdifferenz wird ausgewertet und daraus der Einfallswinkel des Signals bestimmt. Der größte Laufzeitunterschied ist

⁵ vgl. Blauert, 1974, S. 125

⁶ vgl. Friesecke, 2004, S. 133

durch den durchschnittlichen Abstand der Ohren von ca. 17cm definiert. Das bedeutet einen Wegunterschied von 21cm vom linken zum rechten Ohr, und beträgt somit 0,63ms. Der geringste wahrnehmbare Schallwegunterschied liegt bei nur 1cm, was 0,03ms entspricht. Frontale Signale können wir demnach auf ca. 2°-3° genau lokalisieren. Für seitlichen Schalleinfall kann der Schall zwei Wege wählen, einen längeren über die Stirn oder den kürzeren über den Hinterkopf. Durch die verschiedenen langen Wege ist die Lokalisation hier deutlich schlechter und kann nur mit einer Genauigkeit von 12°–18° angegeben werden.⁷

Zur Feststellung der Zeitdifferenzen orientiert sich das Gehör sowohl am Schwingungsverlauf, als auch an der Einhüllenden (Hüllkurven) der Schwingung. Zwischen 800Hz und 1600Hz lassen sich direkt aus dem Schwingungsverlauf Zeit- beziehungsweise Phasendifferenzen entnehmen. Bei höheren Frequenzen ist das Gehör in der Lage, Hüllkurven der Signale zu vergleichen und daraus eine Zeitdifferenz abzuleiten.⁸ Da zu tieferen Frequenzen hin die Wellenlänge steigt, werden die Schwingungsverläufe an den Ohren immer ähnlicher. Die Lokalisierung wird mit tiefer werdenden Frequenzen deutlich schlechter bis unmöglich, weil geringe Laufzeitunterschiede kaum noch Phasendifferenzen aufweisen. Signale, die über ein breites Frequenzspektrum verfügen, können grundsätzlich deutlich besser lokalisiert werden.⁹

Interaurale Pegeldifferenzen (ILD) | 2.3.1.2

Für die Lokalisation in der Horizontalebene sind interaurale Pegeldifferenzen von geringerer Bedeutung. Sie entstehen durch Abschatten des Kopfes und der Ohrmuschel. Pegelunterschiede sind stark frequenzabhängig und das Ohr ist in der Lage, sie im gesamten hörbaren Frequenzbereich bezüglich ihrer Richtungsinformation auszuwerten. Unter 300Hz sind kaum noch Pegelunterschiede vorhanden, da der Schall um den Kopf herum gebeugt wird. Oberhalb dieser Frequenz werden die Pegelunterschiede zunehmend deutlicher.¹⁰

„Auf Grund der komplexen, teilweise auch mehrdeutigen Zusammenhänge zwischen Frequenz bzw. Klangfarbe, Pegel und Einfallswinkel ist eine Schalllokalisierung allein durch Pegelunterschiede u. U. nur beschränkt möglich bzw. kann zu Fehlurteilen führen.“¹¹

Zusammenwirken von interauralen Laufzeit (ITD)- und Pegeldifferenzen (ILD) | 2.3.1.3

Interaurale Laufzeit- und Pegeldifferenzen wirken bei der „natürlichen“ Schallwahrnehmung stets gemeinsam. So lässt sich für bestimmte Signale ermitteln, welche Laufzeitdifferenz der dazugehörigen Pegeldifferenz entspricht. Diese Werte liegen zwischen 2μs/dB und 200μs/dB und

7 vgl. Friesecke, 2004, S. 133 ff.

8 vgl. Dickreiter, 2008, S. 107

9 vgl. Friesecke, 2004, S. 133 ff.

10 vgl. Friesecke, 2004, S. 134

11 Dickreiter, 2008, S. 108

sind zusätzlich vom Schalldruckpegel sowie der Schalleinfallrichtung abhängig. Komplexe Zusammenhänge zwischen ITD und ILD lassen jedoch erkennen, dass beide weitestgehend unabhängig voneinander dem Gehör für die Lokalisation zur Verfügung stehen. Für Frequenzen unter 1600Hz werden interaurale Laufzeitdifferenzen von Trägerschwingungen ausgewertet; eine Bestimmung der Richtung des Hörereignisses findet nur statt, wenn das Signal keine höheren Frequenzen enthält. Da die meisten „natürlichen“ Signale, wie Musik und Sprache auch oberhalb dieser Frequenz wichtige Signalanteile besitzen, werden sowohl Laufzeitdifferenzen der Hüllkurven, als auch Pegeldifferenzen ausgewertet.¹²

Lokalisation in der Medianebene | 2.3.2

Bei der Richtungslokalisierung in der Medianebene (vertikale Ebene) geht es um die Bestimmung der Höhe eines Schallereignisses. Außerdem soll ermittelt werden, ob sich das Schallereignis vor oder hinter dem Hörer befindet.¹³ Die vertikale Ebene bildet dabei die Symmetrieachse des Kopfes, aufgrund dessen beide Ohren nahezu identische Signale erhalten. Somit kommen intraurale Laufzeit- oder Pegeldifferenzen hier nicht zum Tragen. Allerdings führen Form und Beschaffenheit der Ohren und des Kopfes zu Klangfarbenunterschieden. Diese sind blickrichtungsabhängig, werden hingegen aber nicht bewusst als Klangveränderung wahrgenommen, sondern geben Aufschluss bezüglich der Richtung des Signals. Diese sogenannten „richtungsbestimmenden Bänder“ werden in Abhängigkeit der Schalleinfallrichtung verschieden stark angeregt.

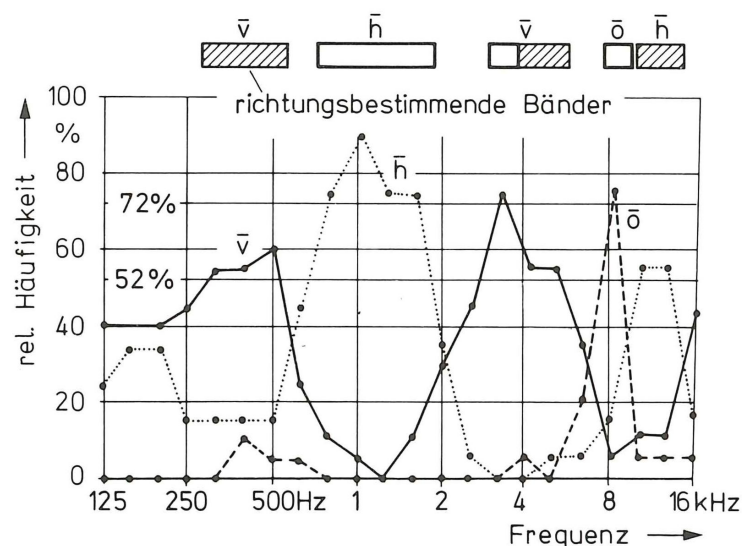


Abb. 2-4: Richtungsbestimmende Bänder nach Blauert,
schwarz umrandete Bereiche: 90% Sicherheit, schraffierte Bereiche: wahrscheinlichster Fall,
v - vorne, o - oben, h - hinten

¹² vgl. Dickreiter, 2008, S. 108

¹³ vgl. Friesecke, 2004, S. 134

Da eine spezifische, spektrale Kombination für die jeweilige Richtung benötigt wird, ist eine Lokalisation nur für breitbandige Signale möglich. Außerdem muss das Gehör über eine gewisse Erfahrung verfügen, um die Klangfarbenunterschiede richtig interpretieren zu können. Es besteht zudem ein Zusammenhang zwischen der Lokalisationsunschärfe und dem Bekanntheitsgrad des Signals. Diese beträgt in der Vorwärtsrichtung für fortlaufende Sprache eines unbekannten Sprechers ca. 17° , für die eines bekannten Sprecher etwa 9° und für weißes Rauschen werden 4° angegeben. Mit steigendem Winkel der Schallereignisrichtung steigt auch die Lokalisationsunschärfe.¹⁴

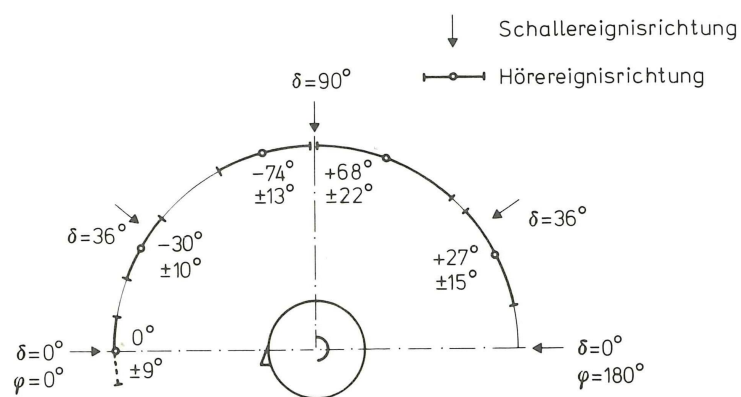


Abb. 2-5: Lokalisationsunschärfe in der Medianebene

Entfernungshören | 2.4

Im Gegensatz zur Richtungswahrnehmung ist die Wahrnehmung der Entfernung weitaus weniger detailliert erforscht. Ausgehend von der Tatsache, dass abhängig von der Schallquellenentfernung noch andere Ohrmerkmale für das Entfernungshören verantwortlich sind, unterteilt man diese in kleine (bei Punktstrahler bis ca. 3m), mittlere (bei Punktstrahler von 3m bis 15m) und große (über etwa 15m) Schallquellenentfernungen ein.¹⁵

Mittlere Entfernungen | 2.4.1

Im Wesentlichen baut die Entfernungsbestimmung bei mittleren Entfernungen auf die Lautstärkewahrnehmung auf. Dies setzt voraus, dass unser Gehör mit der Lautstärke der Schallquelle in einer gewissen Entfernung vertraut ist. Folglich spielt die Hörerfahrung auch hier eine Rolle. Durch Lautstärkeänderung können wir auf Entfernungsänderungen schlussfolgern. Im freien Schallfeld bewirkt eine Entfernungsverdopplung ein Absinken des Schalldruckpegels um 6dB

¹⁴ vgl. Dickreiter, 2008, S. 109 & Blauert, 1974, S. 35 ff.

¹⁵ vgl. Blauert, 1974, S. 94 ff.

($1/r^2$ Gesetz). Demzufolge besteht eine Abhängigkeit zwischen dem Ohrsignalpegel und der Hörereignisentfernung. Ist das Signal allerdings unbekannt, kann hierdurch allein nicht die Schallquellenentfernung bestimmt werden (siehe Abb. 2-6). Es wird also eine Entfernungsänderung registriert, aber eine genaue Bestimmung der Entfernung von der Schallquelle ist nicht möglich. Auch fällt diese Änderung wesentlich schwächer aus als erwartet. So bedarf es einer Pegelverminderung um mehr als 20dB (erwartungsgemäß sind 6dB angegeben), um eine subjektive Verdopplung der Hörereignisentfernung zu erreichen. Daraus lässt sich schließen, dass wenn nur der Schalldruckpegel dem Ohr zur Entfernungsbestimmung zur Verfügung steht, die Hörereignisentfernung bei wachsendem Abstand zur Schallquelle weniger stark ansteigt. Es kommt zu einem typischen Fehler, wodurch das Hörereignis näher zu sein scheint als es tatsächlich ist (siehe Abb. 2-7).

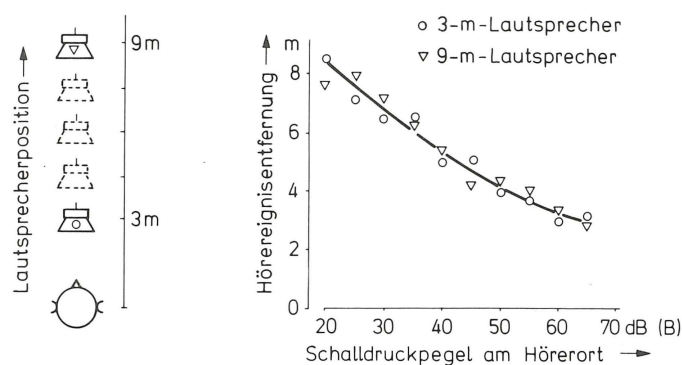


Abb. 2-6: Typische Kurve für die Abhängigkeit der Hörereignisentfernung vom Schalldruckpegel, 5 Lautsprecher sichtbar, wobei nur die in 3m bzw. 9m Entfernung in Betrieb waren

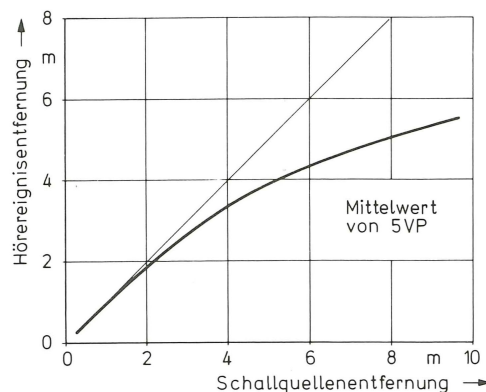


Abb. 2-7: Lokalisation zwischen Schallquelle- und Hörereignisentfernung bei einem natürlichen Sprecher als Schallquelle

Des Weiteren kommen Klangfarbenänderungen hinzu, welche - bedingt durch eine stärkere Richtwirkung hoher Frequenzen, als auch auf Grund verschiedener Lautheitsempfindungen - entstehen können. Mit steigendem Schalldruckpegel der Ohrsignale ändert sich die Lautheit eines

Signals. Einhergehend mit der Lautheitsänderung kommt es auch zur Klangfarbenänderung. Dies ist durch die „Kurven gleicher Lautstärke“ begründet.¹⁶

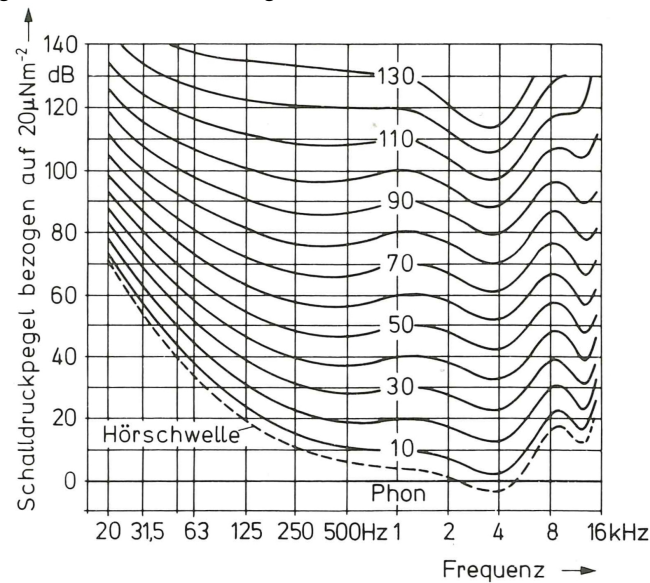


Abb. 2-8: Kurven gleicher Lautstärke nach Fletcher und Munson (1933)

Große Entfernungen | 2.4.2

Bei größeren Schallquellenentfernungen hat zudem die Form des Spektrums, bedingt durch die Absorption der Luft, einen Einfluss auf die Schallquellenentfernung. So kann die Luftstrecke zwischen Schallquelle und dem Hörer nicht mehr als verzerrungsfreier Übertragungskanal betrachtet werden. Aufgrund dieser Schallabsorption der Luft kommt es zu einer frequenzabhängigen Dämpfung, wobei werden höhere Frequenzen stärker gedämpft als tiefe. Wie in Abbildung 2-9 zu erkennen ist, wird diese erst bei einer Frequenzen ab ca. 4kHz wirklich relevant, unter 2kHz kann sie gar vernachlässigt werden. Des Weiteren die Stärke der Dämpfung abhängig von der Luftfeuchtigkeit, sowie von der Windgeschwindigkeit.¹⁷

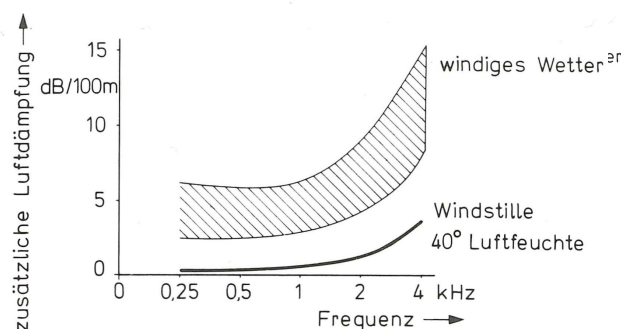


Abb. 2-9: Luftdämpfung im freien Schallfeld

¹⁶ vgl. Blauert, 1974, S. 94 ff.

¹⁷ vgl. Blauert, 1974, S. 94 ff.

Im Bereich kleiner Schallquellenentfernungen kommt es auch zu spektralen Veränderungen, deren Ursache jedoch in der Krümmung des Kopfes liegt. Bedingt durch den Kopf und die äußeren Teile der Ohren entstehen lineare Verzerrungen an den Ohrsignalen, die nicht mehr schallquellenentfernungsunabhängig sind. Trifft ein Signal auf den Kopf, kann die Krümmung der Wellenfront nicht mehr als klein gegenüber der Kopfabmessung betrachtet werden.

Treten Ohrsignale auf, die so beschaffen sind, dass durch sie allein ein zuordenbares Hörereignis in unmittelbarer Kopfnähe entsteht und hierbei die Ohrsignale so ähnlich sind, dass nur ein Hörereignis entsteht, wird dies im Kopf lokalisiert. Diese „Im-Kopf-Lokalisation“ tritt vornehmlich bei der Kopfhörerwiedergabe auf. Ich werde später im Zusammenhang mit der Kopfhörerwiedergabe noch genau auf diesen „Effekt“ eingehen.¹⁸

In geschlossenen Räumen kann es zudem - durch Auswertung des Verhältnisses zwischen Direkt- und Diffusschall - zu einer erheblichen Verbesserung der Entfernungswahrnehmung kommen, zumindest innerhalb des Hallradius. Um allerdings eine zuverlässige Aussage diesbezüglich machen zu können, ist es notwendig, mit den raumakustischen Gegebenheiten vertraut zu sein. Ist dies der Fall, wird die Lokalisationsunschärfe für die Wahrnehmung der Entfernung in geschlossenen Räumen mit 2 bis 3% angegeben. Damit ist sie geringer als im freien Schallfeld.¹⁹

¹⁸ vgl. Blauert, 1974, S. 94 ff.

¹⁹ vgl. Blauert, 1974, S. 223

Unsere normale auditive Wahrnehmung wird auch als natürliches Hören bezeichnet. Wie zuvor beschrieben, ist unser Höreindruck von einer Vielzahl von Faktoren abhängig, die das Hören zu einem Erlebnis machen können. Besonders Musik, die im Allgemeinen dem klassischen Genre zugeordnet wird - etwa ein sinfonisches Orchester, das in einem gut klingenden Konzertsaal spielt - lässt sich nur schwerlich in seiner ganzen Komplexität einfangen und künstlich wiedergeben. Letztlich ist man bestrebt, diesem Höreindruck mit anderen Wiedergabeverfahren möglichst nahe zu kommen.

Lautsprecherwiedergabe | 3.2

Mit der Lautsprecherwiedergabe wird versucht, natürliches Hören künstlich nachzubilden. Um den künstlichen Höreindruck annähernd realistisch zu gestalten, gibt es eine Vielzahl von Wiedergabeformaten, die versuchen, dem gerecht zu werden. Die Wellenfeldsynthese stellt hierbei ein System dar, dass es ermöglicht, realitätsgetreu klingende Schallereignisse zu reproduzieren. Mit Hilfe von vielen einzelnen Lautsprechern soll ein natürliche Schallfeld im Hörraum nachgebildet werden. Allerdings handelt es sich hierbei um ein sehr komplexes System, dass nur mit erheblichem Aufwand zu realisieren ist.²⁰

Die Qualität der Abhörsituation über Lautsprecher wird im Wesentlichen durch mehrere Faktoren beeinflusst. Zum Einen von den Eigenschaften der Lautsprecher an sich. Die Aufgabe des Lautsprechers (Studiomonitor) besteht darin, elektrische Schwingungen in hörbare Schallwellen zu wandeln. Sie sind somit das wichtigste Werkzeug des Toningenieurs, zugleich aber auch die Schwachstelle in der Produktionskette. Begründet wird das mit einem nicht-linearem Frequenzgang, sowie durch ein oftmals nicht ideales Impulsverhalten.²¹ Der Lautsprecher sollte sich durch einen „neutralen Klang“ auszeichnen und somit gewährleisten, dass eine Mischung auf anderen Lautsprechern ebenfalls zufriedenstellend klingt. Im Rahmen dieser Arbeit habe ich festgestellt, wie verschieden selbst hochwertige Studiomonitore klingen können, allerdings ist das nicht allein auf den Lautsprecher zurückzuführen.

Zum Anderen ist der Abhörraum von ebenso wichtiger Bedeutung für die Lautsprecherwiedergabe, wie der Lautsprecher selbst. Hierbei kommt es auf den „Klang des Raumes“ an, sowie darauf, dass

²⁰ vgl. Friesecke, 2007, S. 147

²¹ vgl. Henle, 2001, S. 378

die Lautsprecher bezüglich der akustischen Eigenschaften optimal im Raum positioniert werden. Dabei ist der individuelle Raumeigenklang durch seine geometrischen Eigenschaften definiert. Diesen klanglich zu gestalten, kann mitunter sehr aufwendig und kostspielig werden und stellt oftmals das größte Problem bei der Lautsprecherwiedergabe dar. Da Abhörraum und Lautsprecher miteinander interagieren, hat ihre Positionierung einen erheblichen Einfluss auf den Höreindruck. Bedingt durch ihre Position im Raum entsteht ein Hörort beziehungsweise eine Hörzone, auch „Sweet Spot“ genannt. Innerhalb dieses Bereiches herrschen bestmögliche Abhörbedingungen. Trotz allem ist dieser Bereich, oft bedingt durch die Phantomschallquelle, recht klein. Eine Phantomschallquelle ist ein Hörereignis, das bei der Stereowiedergabe auf der Linie zwischen zwei Lautsprechern auftritt, wenn beide das gleiche Signal zur gleichen Zeit wiedergeben. Der optimale Höreindruck entsteht, wenn sich der Hörer genau an der Spitze eines gleichschenkligen Dreiecks befindet, hierbei wird die Phantomschallquelle genau mittig zwischen den Lautsprechern gebildet. Ist dies nicht der Fall, verschiebt sich das Hörereignis in Richtung des am nächsten stehenden oder des lautereren Lautsprechers.²²

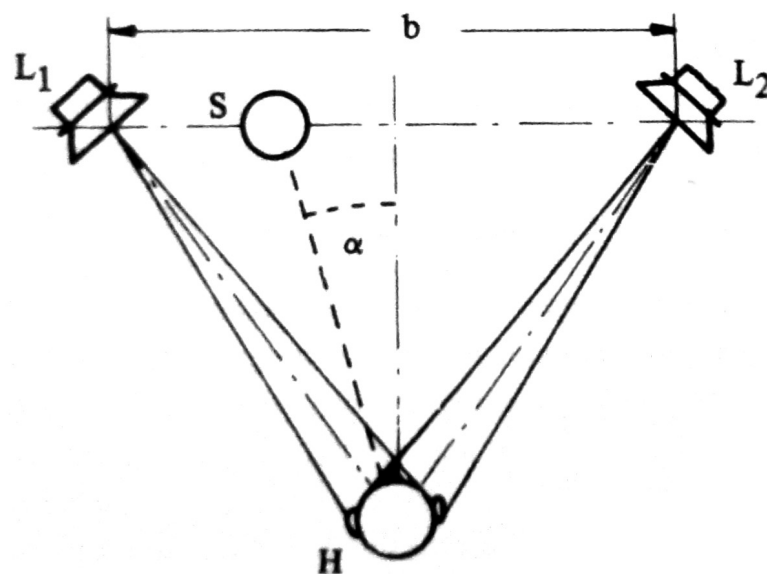


Abb. 3-1: Standard-Lautsprecheranordnung für Zweikanal-Stereowiedergabe, die zwei Lautsprecher bilden mit dem Hörer ein gleichschenkliges Dreieck

²² vgl. Dickreiter, 2008, S. 1158 & S. 187

Die Verwendung eines Kopfhörers im professionellen Tonstudiobereich ist nicht besonders verbreitet. Er kommt vorwiegend in Situationen zum Einsatz, in denen eine Lautsprecherwiedergabe nicht möglich oder deren Wiedergabequalität unzureichend ist, zum Beispiel bei Aufnahmen in ungeeigneten Abhörräumen, während einer Overdub-Aufnahme oder in einer lärmerfüllten Umgebung. Trotz allem sind gute Kopfhörer bezüglich ihrer elektroakustischen Eigenschaften Studiolautsprechern ebenbürtig, wenn nicht sogar überlegen. Außerdem kann ein qualitativ hochwertiger Kopfhörer mit vergleichsweise geringem Aufwand konstruiert werden.

Seine hauptsächliche Stärke besteht darin, dass man sich vollkommen unabhängig von den jeweiligen Eigenschaften des Abhörraums macht. Es ist also möglich, auch für mehrere Zuhörer überall eine einheitliche Abhörsituation zu schaffen. Im Gegensatz zur vergleichsweise komplexen Lautsprecherwiedergabe, bei der mehrere Kriterien für die Wiedergabequalität verantwortlich sind, wird die Qualität bei der Kopfhörerwiedergabe nur durch den Kopfhörer selbst bestimmt. Da für diesen nur eine Membran nötig ist, um das hörbare Frequenzspektrum abzudecken, kann er als Einwegesystem gebaut werden. Hierdurch können Phasenverschiebungen vermieden werden. Außerdem lässt sich eine hohe Impulstreue der geringen zu bewegenden Masse wegen wesentlich einfacher realisieren als bei Lautsprechern. Da nur wenig Luft zwischen der Membran und der Ohrmuschel in Schwingung versetzt werden muss, lassen sich hohe Lautstärken problemlos umsetzen, ohne dass es zu einer Lärmbelästigung Dritter kommt.

Trotz der vielen Stärken des Kopfhörers und der raumunabhängigen Wiedergabe, gibt es ein paar entscheidende Nachteile. „Der Höreindruck bei Kopfhörerwiedergabe unterscheidet sich grundsätzlich von dem bei Lautsprecherwiedergabe.“²³ Da der Kopfhörer genau auf der Ohrmuschel sitzt, geht jeder räumliche Bezug verloren, entspricht also nicht mehr unseren natürlichen Hörgewohnheiten. Aufgrund dessen, dass der Kopfhörer mit dem Kopf verbunden ist, ergibt sich ein statisches Klangbild. Kopfbewegungen haben keinen Einfluss auf das Hörereignis (Mitwandern des Klangbilds). Die Schallquelle sitzt direkt auf dem Ohr in einem Winkel von 90°. Sämtliche Medien werden für Lautsprecherwiedergabe produziert, bei der die Lautsprecher im Winkel von +/- 30° aufgestellt sind. Hört man diese Medien über Kopfhörer, entsteht ein unechtes, überbreites stereofones Klangbild. Auch kann unser Außenohr nicht mehr seine richtungsbestimmende Funktion erfüllen. Es findet keine Differenzierung der Signale entsprechend ihrer Einfallsrichtung von vorn, hinten, den Seiten, oben und unten statt. Das Hörereignis entsteht ohne räumlichen Bezug direkt am Ohr. Des Weiteren kommt es zu keinem Übersprechen, da das linke Ohr nur das linke und das rechte Ohr nur das rechte Signal erhält. Dies ist unnatürlich, denn

²³ Dickreiter, 2008, S. 177

aufgrund unseres binauralen Hörens wird ein Signal auch immer von dem anderen Ohr wahrgenommen, wenn auch etwas zeitverzögert. Diese Umstände führen dazu, dass das Hörereignis nicht außerhalb des Kopfes entstehen kann, sondern bei den Ohren, beziehungsweise zwischen den Ohren aufgespannt wird. Bekommen beide Ohren zur gleichen Zeit das gleiche oder ein ähnliches Signal, entsteht hierbei keine Phantomschallquelle, sondern es kommt zur „Im-Kopf-Lokalisation“. Die „Im-Kopf-Lokalisation“ zeichnet sich dafür verantwortlich, dass bei der Kopfhörerwiedergabe eine Beurteilung von Stereobasis und Räumlichkeit kaum noch möglich ist. Dies stellt das Hauptproblem für die geringe Kompatibilität von Kopfhörermischung und Lautsprecherwiedergabe dar. Weiterhin führt die „Im-Kopf-Lokalisation“ bei längerem Hören zur Ermüdung des Gehörs. Es stellt sich ein unangenehmes Druckgefühl auf den Ohren ein.²⁴

Ein weiteres Problem ist der fehlende Körperschall. Die Wiedergabe von Frequenzen unterhalb 150Hz werden bei entsprechender Lautstärke vom ganzen Körper wahrgenommen. Man kennt das besonders von Live-Konzerten oder aus dem Kino. Der Effekt verstärkt sich bei immer tiefer werdenden Frequenzen. Körperschall ist psychoakustisch von Bedeutung, da er besonders bei hohen Lautstärken bestimmte Gefühle anregt, die für unser Bass-Empfinden von entscheidender Bedeutung sind. Zur reinen Signalkontrolle eignet sich der Kopfhörer aufgrund seiner klaren Wiedergabe zwar besonders gut, allerdings kommt es bei der Suche nach der richtigen Lautstärke von beispielsweise Bassdrum oder Bass zu Problemen und führt oftmals zu einer Überbetonung. Auch das Tragen des Kopfhörers wird wegen seines Gewichts auf Dauer als unangenehm empfunden.²⁵

Durch zahlreiche Wahrnehmungseffekte, die mit der Kopfhörerwiedergabe einhergehen, kann man sich das hohe Potenzial des Kopfhörers als reinen Schallwandler nicht wirklich zunutze machen. Abhilfe kann mittels binauraler Technik geschaffen werden.

²⁴ vgl. Blauert, 1974, S. 107 | Friesecke, 2007, S. 444 & S. 177 ff.

²⁵ vgl. Friesecke, 2007, S. 444

Der Grundgedanke der binauralen Technik besteht darin, die Schwächen der Kopfhörerwiedergabe durch Hinzufügen einer natürlichen Räumlichkeit zu ergänzen, um die Leistungsfähigkeit des Kopfhörers im vollen Umfang nutzen zu können. Es gibt zwei Methoden, die sogenannten kopfbezüglichen Stereosignale zu erzeugen. Zum Einen durch Aufnahmen mit einem Kunstkopf und zum Anderen durch die Faltung von Impulsantworten. Bei beiden Methoden macht man sich die Außenohr-Übertragungsfunktion, beziehungsweise HRTF (Head-Related Transfer Function) zunutze, die sonst bei der Kopfhörerwiedergabe sozusagen übergangen wird. Versieht der Kunstkopf die Signale bei einer Aufnahme gleich mit einer HRTF, so wird wiederum bei der Faltung ein beliebiges Signal mit einer entsprechenden HRTF beaufschlagt, wodurch ein Raum simuliert wird. Da die Außenohr-Übertragungsfunktion für einen Großteil unserer Richtungswahrnehmung zuständig ist, können mit Hilfe von Kunstkopfaufnahmen, sowie durch die Faltung, über den Kopfhörer auch Mehrkanalformate wie zum Beispiel 5.1 Surround wiedergegeben werden. Allerdings ist beiden Verfahren gemein, dass diese Signale ausschließlich für die Kopfhörerwiedergabe bestimmt sind. Bei Lautsprecherwiedergabe wird die HRTF als hochfrequente Klangfärbung wahrgenommen.²⁶

HRTF (Head-Related Transfer Function) | 4.2

Auf dem Weg der Schallwelle vom Lautsprecher bis zum Trommelfell erfährt das Signal zahlreiche Veränderungen. Die Charakteristik des Lautsprechers, die Eigenschaften des Abhörraums, sowie unser Außenohr sind für diese ständigen Veränderungen verantwortlich. Zum Einen wird also die jeweilige Hörumgebung erfasst, zum Anderen wird die Klangbeeinflussung von Oberkörper, Kopf und Außenrohr mit einbezogen. Hierdurch werden die Signale durch Abschattung, Beugung, Verzögerung, Resonanzen und Reflexionen beeinflusst. Entscheidend für die spätere Lokalisation sind jedoch die zuvor schon erwähnten richtungsbestimmenden Bänder, die am Außenohr entstehen. Jegliche akustischen Beeinträchtigungen des Körpers werden in der HRTF definiert. Sie entspricht demnach unseren Ohrsignalen, also den akustischen Signalen die letztlich im Innenohr in Nervenimpulse umgewandelt werden. Idealerweise müsste man kleine Mikrofone direkt am Trommelfell platzieren, um die Ohrsignale aufnehmen zu können. Das ist hingegen nur am Kunstkopf möglich. Bei der Erfassung der HRTF eines Menschen ist die Platzierung der Miniaturmikrofone im Gehörgang jedoch ausreichend. Wie in Abbildung 4-1 ersichtlich, erfahren die Signale entsprechend ihrer Schalleinfallrichtung jeweils eine andere Filterung.

²⁶ vgl. Görne, 2006, S. 123

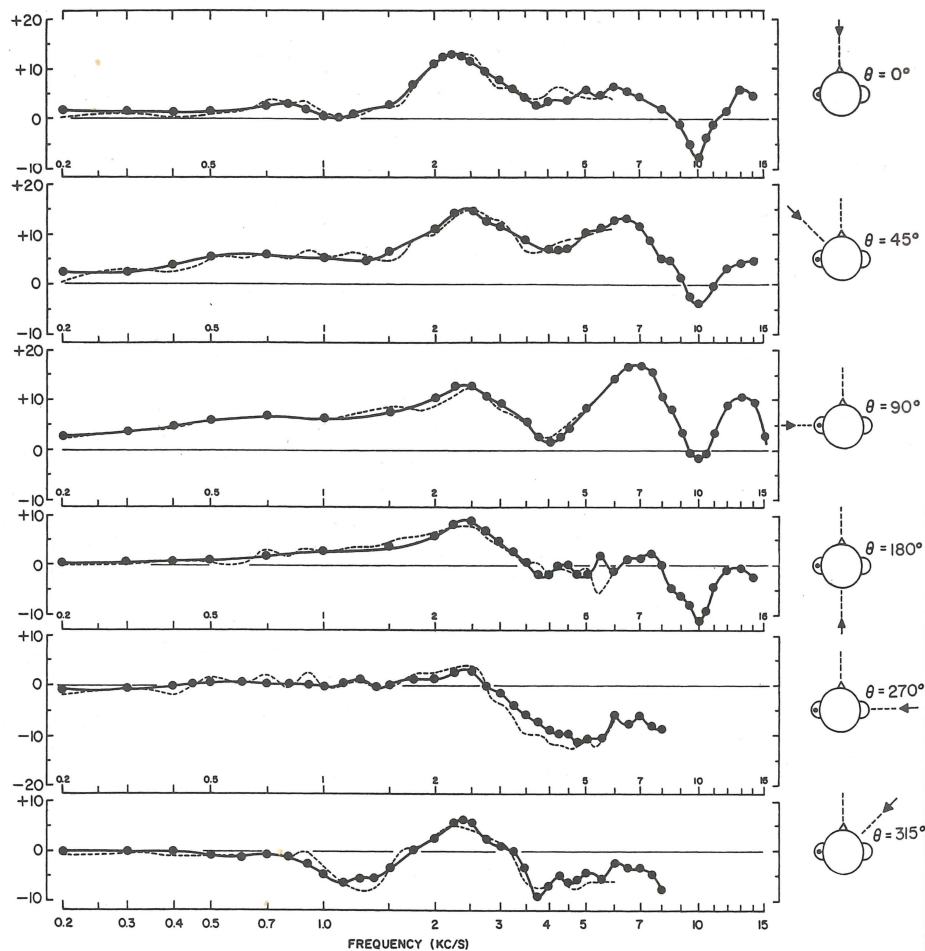


Abb. 4-1: Winkelabhängige Außenohr-Übertragungsfunktion (HRTF), gemessen im linken Gehörgang;
aus je zehn Messungen gemittelte Kurven für unterschiedliche Schalleinfallrichtungen:
 0° , 45° , 90° (= senkrecht auf das Ohr), 180° , 270° , 315° .
Skalierung der Frequenzachse 200 Hz bis 15 kHz.

Bei genauerer Betrachtung der Kurvenverläufe für frontalen Schalleinfall (0°), sowie für rückwärtig einfallenden Schall (180°) lässt sich eine gewisse Analogie erkennen. Wegen dieser Ähnlichkeit kann es - falls die HRTF nicht exakt ist - sehr leicht zur Lokalisationsverwechslung von Schallquellen kommen, welche sich vor, beziehungsweise hinter dem Hörer befinden.

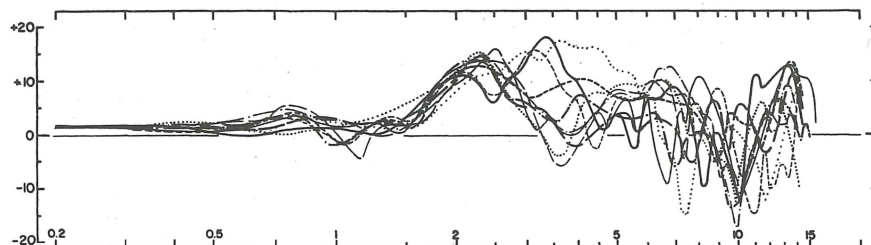


Abb. 4-2: Außenohr-Übertragungsfunktion gemessen an zehn Versuchspersonen, frontaler Schalleinfall (0°)

Wie aus der Abbildung 4-2 ersichtlich, weisen die HRTFs von verschiedenen Personen indes eine erhebliche Streuung auf. Das lässt sich auf die unterschiedlichen Formen der Ohrmuschel zurückführen. Ähnlich wie bei einem Fingerabdruck ist diese sehr individuell und bestimmt die ganz eigene HRTF eines Menschen. Das stellt für den Einzelnen grundsätzlich kein Problem dar, da das Gehirn an den Klang der eigenen Ohrmuschel gewöhnt ist. Somit nehmen wir den „Klang unserer Ohren“ nicht bewusst wahr, können diesem Klangmuster aber eine spezifische Richtung zuweisen. Würden wir über eine „fremde“ HRTF hören, äußert sich dies in einer verschobenen und schlechten Lokalisation, sowie in einer Verschiebung der Klangfarbe. Dieser Faktor macht die umfangreiche Nutzung der binauralen Technik sehr schwierig, da jede Außenohr-Übertagungsfunktion nur für einen Menschen eindeutig kompatibel ist.²⁷

Trennkörpertechnik | 4.3

Bei der Kunstkopf-Stereofonie bedient man sich der Trennkörpertechnik, um die Einflussnahme des menschlichen Kopfes auf ein Signal nachzubilden. Hierbei handelt es sich um ein Stereo- oder Mehrkanalmikrofonsystem, welches mit Hilfe eines dreidimensionalen Objekts den Kopfeinfluss für die Kopfhörerwiedergabe simuliert. Es gibt verschiedene Trennkörpermikrofontechniken, im Folgenden eine Übersicht: Jecklin-Scheibe (OSS), Crows-SASS, Kugelfläche, Clara und der Kunstkopf.

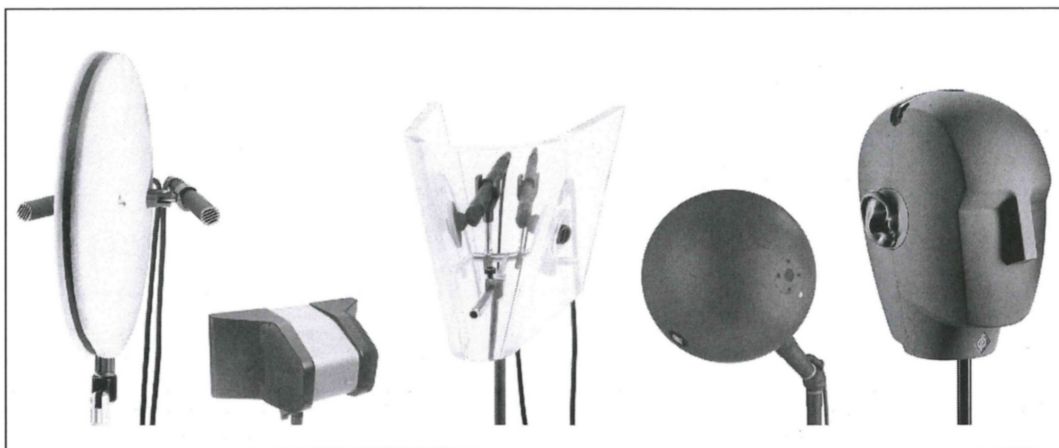


Abb. 4-3: Verschiedene Trennkörpermikrofontechniken

Von allen erwähnten Trennkörpertechniken führt der Kunstkopf bei reiner Kopfhörerwiedergabe zu den besten Ergebnissen, weshalb ich im kommenden Abschnitt näher darauf eingehen werde.²⁸

²⁷ vgl. Friesecke, 2007, S. 112

²⁸ vgl. Friesecke, 2007, S. 432 ff.

Die Kunstkopfstereofonie bedient sich als Trennkörper einer möglichst genauen Reproduktion des menschlichen Kopfes. Teilweise werden auch Bereiche des Oberkörpers oder der Schultern nachgebildet. Besondere Bedeutung haben wegen ihrer richtungsbestimmenden Funktion die aus Silikon hergestellten Außenohren. Auch Ansätze eines Gehörgangs sind vorhanden, in denen sich statt des Trommelfells Mikrofone befinden. Die daraus entstandene Richtcharakteristik, sowie entsprechende Pegel- und Lautzeitdifferenzen ergeben ein Verhältnis, das dem der menschlichen Ohren gleich zu setzen ist. Führt man eine Kunstkopfaufnahme durch, entspricht das Ergebnis im Idealfall der Originaldarbietung und erzeugt bei Kopfhörerwiedergabe den Eindruck, im Aufnahmerraum gewesen zu sein. Daraus ergibt sich die Forderung, dass der Kunstkopf an der Position aufgestellt werden muss, an der beim natürlichen Hören der optimale Klangeindruck entsteht. Besonders die Lokalisation im oberen Halbraum und der Entfernung wird überzeugend abgebildet. Letztlich sorgt der Raumeindruck und das räumliche Erlebnis für eine umhüllende Wirkung, die mit stereofoner Lautsprecherwiedergabe in der Art nicht möglich ist.

Trotz allem entsteht dieser Höreindruck nur im Optimalfall. Da die genaue Form des Kunstkopfs mit Hilfe von Mittlung anthropometrischer Daten erstellt wird, hängt das jeweilige Hörerlebnis davon ab, inwieweit diese Durchschnittsmaße mit den individuellen Kopfmaßen harmonieren. Besonders kritisch stellt sich wegen ihrer Bedeutung für die Lokalisation die genaue Form der Ohrmuschel dar. Durch ihre weite Streuung kann es zum Teil zu erheblichen räumlichen Abbildungsfehlern kommen. Insbesondere die Lokalisierung frontaler Schallquellen bereitet Schwierigkeiten; sie werden oftmals über oder hinter dem Kopf lokalisiert.

Für einen guten Höreindruck muss man idealerweise eine Versuchsperson finden, deren HRFT-Nachbildung für möglichst viele Hörer gültig ist. Auch ist es möglich, mittels Hörversuchen die Kriterien herauszufinden, welche für eine gute Reproduktion zuständig sind. Weiterhin lassen sich aus den Ohrsignalen die entscheidenden Parameter der Ohren und die Struktur des Kopfes identifizieren, um letztlich ein besseres und allgemeines Kopf- und Ohrabbild zu schaffen. Allerdings wurde für das Problem der Individualanpassung, trotz großer Anstrengungen, noch keine ideale Lösung gefunden. Für ein perfektes Ergebnis müsste für jede Person eine Kunstkopfaufnahme mit individuellen Kopf- und Ohrabdrücken durchgeführt werden.

Der Kunstkopf liefert nur ein statisches Klangbild. Das erfordert im Prinzip eine ebenso starre Kopfhaltung beim Hören. Abhilfe kann hier ein Headtracking System schaffen, das die Kopfbewegung erkennt und das Klangbild darauf anpasst. Anwendung findet das Verfahren besonders bei der Feature- und Hörspielproduktion.²⁹

²⁹ Dickreiter, 2008, S. 296 ff.

In der Tontechnik stellt jedes Verfahren, das in der Lage ist, ein Signal zu übertragen oder zu verändern - wie zum Beispiel Lautsprecher, Mikrofone oder Filter - ein signalverarbeitendes System dar. Die an einem System anliegenden Signale können in Eingangs- und Ausgangssignale eingeteilt werden.³⁰ Eingangssignale $s(t)$ werden vom System nicht beeinflusst, allerdings reagiert es auf solche. Als Reaktion entstehen Informationen, die den Eingangssignalen $s(t)$ als Antwort des Systems hinzugefügt werden. Zusammen bilden sie die Ausgangssignale $g(t)$.³¹



Abb. 4-4: Eingangs- und Ausgangssignal eines Systems

Folglich lässt sich der Einfluss feststellen, den ein System auf ein Eingangssignal hat. Wird nun in einem Raum ein Signal wiedergegeben und an einem bestimmten Punkt erneut aufgenommen, sind Änderungen erkennbar. Dabei bildet die Schallübertragung im Raum - also die Gesamtheit der Einflüsse auf das Signal - ein lineares, zeitinvariantes System (LTI-System - engl. Linear time-invariant).³² Linearität bedeutet diesbezüglich: „[...] die Systemantwort auf die Summe zweier Signale ist die Summe der beiden einzelnen Systemantworten [...]“³³ Unter Zeitinvarianz ist zu verstehen: „Bei einer zeitlichen Verschiebung des Eingangssignals erscheint die Systemantwort ebenso verschoben [...]“³⁴

In der Systemtheorie heißt es, dass mit Hilfe der Impulsantwort ein LTI-System vollständig beschrieben wird. Man erhält das Ausgangssignal eines LTI-Systems, indem man das Eingangssignal mit der Impulsantwort des Systems verrechnet.

30 vgl. Görne, 2006, S. 128

31 vgl. Girod, Rabenstein, Senger, 1997, S. 6

32 tatsächlich existieren in einem Raum eine unendliche Zahl verschiedener LTI-Systeme; jede Verbindung zwischen zwei Punkten im Raum ist ein individuelles Übertragungssystem

33 Görne, 2006, S. 129

34 Görne, 2006, S. 129

Als Impulsantwort oder Stoßantwort bezeichnet man das Ausgangssignal eines Systems, an dessen Eingang ein Dirac-Impuls abgegeben wird. Ein Dirac-Impuls wird aus einer Rechteckfunktion erzeugt und ist „[...] ein unendlich schmaler Impuls mit unendlich großer Amplitude, aber endlicher Fläche [...]“.³⁵ Dieser „ideale Impuls“ stellt nur ein theoretisches Modell dar, da er praktisch nicht realisierbar ist. In der Praxis wird deshalb zum Beispiel mit einem Pistolenknall oder einer Funkenentladung gearbeitet. Diese sind zwar weit vom Ideal der Dirac-Funktion entfernt, aber dennoch ausreichend. Bessere Ergebnisse lassen sich hingegen mit Hilfe von Chirps als Impulssignale erzielen. Es handelt sich hierbei um einen Sinus-Sweep, der mit gleicher Amplitude in einer definierten Zeit einen entsprechenden Frequenzbereich durchläuft. Üblicherweise orientiert man sich dabei am Hörbereich des Menschen, dementsprechend wandert der Sweep von 20Hz bis 20kHz. Im Gegensatz zur Verwendung von Impulsen können Sweep-Antworten nicht direkt genutzt werden. Da sich das Erregersignal zeitlich mit der Raumantwort überlagert, müssen diese erst voneinander getrennt werden.

Die hieraus gewonnene Impulsantwort kann ein LTI-System eindeutig charakterisieren und es lässt sich feststellen, wie sich dieses System bei verschiedenen Signalen verhält. Es ist sozusagen der akustische Fingerabdruck eines Systems. Damit lässt sich für jedes beliebige Eingangssignal das entsprechende Ausgangssignal berechnen. Dieser Vorgang wird Faltung genannt.³⁶

Faltung | 4.5.3

Die Faltung basiert auf einer mathematischen Rechenoperation. Das Ziel besteht darin, zwei Funktionen miteinander zu verrechnen, um das Faltungsprodukt zu erhalten.

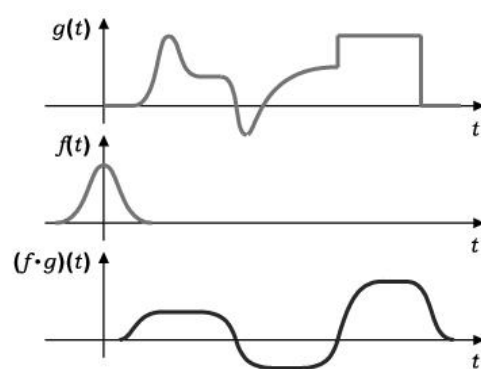


Abb. 4-5: Faltung: jeder Wert der Funktion g wird mit den Werten der Funktion f verrechnet.

Daraus entsteht die Funktion $f \star g$.

³⁵ Görne, 2006, S. 130

³⁶ vgl. Görne, 2006, S. 129 ff. | Fabricius, 2007, S. 1

In der Audiotechnik nutzt man die Faltung um zu ermitteln, wie beispielsweise ein Raum auf ein Signal reagiert. Hierbei entspricht die Funktion $g(t)$ dem Musiksinal, das im Raum wiedergegeben werden soll. Der Raum bildet ein LTI-System, welches sich vollständig durch seine Impulsantwort beschreiben lässt. Sämtliche Veränderungen, die das Signal durch den Raum und die Lautsprecher erfährt, werden in ihr definiert. Die Impulsantwort bildet die Funktion $f(t)$. Vereinfacht betrachtet bedeutet das: Wird nun das Musiksinal mit der Impulsantwort gefaltet, wird jedes Sample des Musiksinals mit allen Samples der Impulsantwort verrechnet. Als Ergebnis dieser Operation erhält man das Musiksinal, welches mit den Eigenschaften des Raums beaufschlagt ist.

Das Verrechnen eines Signals mit einer Impulsantwort eines LTI-Systems kann wahlweise im Zeitbereich oder im Frequenzbereich stattfinden. Im Zeitbereich erfolgt dies durch die Faltung mit der Impulsantwort. Hierbei ist das Ausgangssignal sehr exakt, jedoch ist der Rechenaufwand zu groß, um es in Echtzeitanwendungen zu implementieren. Erfolgt die Berechnung im Frequenzbereich mittels Multiplikation der Übertragungsfunktion, lässt sich der Rechenumfang erheblich reduzieren und ist somit für Anwendungen in Echtzeit geeignet. Die sogenannte schnelle Faltung bedient sich in dem Fall der Fast-Fourier-Transformation (FFT). Aus der Impulsantwort wird durch die FFT vorläufig die Übertragungsfunktion berechnet. Anschließend erfolgt in Abschnitten - ebenfalls mittels FFT - die Transformation des Audiosignals in den Frequenzbereich, um dort mit der Übertragungsfunktion multipliziert zu werden. Letztlich wird das Ergebnis wieder zurück in den Zeitbereich gewandelt. Obwohl ein Umweg über den Frequenzbereich stattfindet, sind bei der schnellen Faltung bedeutend weniger Rechenschritte von Nöten, als etwa bei der Faltung im Zeitbereich.³⁷

Binaurale Simulation (Virtueller Abhörraum) | 4.6

Unter binauraler Simulation ist zu verstehen, dass eine räumliche Wiedergabe mittels Faltung über den Kopfhörer in Echtzeit simuliert wird. Es bedarf also keiner vorherigen Aufnahme der Ohrsignale durch einen Kunstkopf. Die Simulation stützt sich hierbei auf Raum-Impulsantworten eines beliebigen Referenzraumes, welche zuvor mit dem Kunstkopf oder aber durch Messmikrofone in den eigenen Ohren erstellt wurden. Aufgrund der bereits erwähnten Problematik der Individualanpassung beim Kunstkopf liefert eine personenspezifische Impulsantwort ein wesentlich besseres Ergebnis. Es gibt auch die Möglichkeit eine modellierte Abhörsituation zu simulieren.

Ein beliebiges Signal wird von einem entsprechenden Gerät mit der jeweiligen Impulsantwort in Echtzeit gefaltet und auf den Kopfhörer gegeben. Das daraus entstandene Kopfhörersignal entspricht im Idealfall genau den Ohrsignalen, die man am Trommelfell messen würde. Es werden

³⁷ vgl. Görne, 2006, S. 132 ff.

also sämtliche Einflüsse, die auf ein Signal im Referenzraum einwirken, simuliert. Dies schließt die Eigenschaften der Lautsprecher und des Abhörraums ebenso ein, wie die persönliche Außenohr-Übertragungsfunktion oder die des Kunstkopfes. Der Vorteil des virtuellen Abhörraums besteht darin, dass die Simulation auf das Eingangssignal reagiert. Im Optimalfall lässt es sich mit dieser ebenso gut arbeiten wie im realen Referenzraum. Außerdem reagiert die Simulation auf Kopfbewegungen. Auch hier wird durch ein Headtracking-System die Kopfposition des Hörers erfasst und dementsprechend darauf reagiert. Das erleichtert die Orientierung im Raum und eliminiert das Problem der Verwechslung von Signalen, die von vorn beziehungsweise hinten kommen. Ganz frei bewegen kann man sich im Raum wiederum nicht, da nur die Impulsantwort für die Position beim Einmessvorgang vorhanden ist.

Gemäß der Tatsache, dass die Ohrsignale inklusive der richtungsbestimmenden Bänder simuliert werden, können auch Mehrkanalformate über den Kopfhörer wiedergegeben werden. Bei der Nachbildung eines realen Raums wird das jeweilige Format durch das Lautsprecher-Setup des entsprechenden Referenzraums bestimmt. Bei einem modellierten Raum kann das Setup individuell erzeugt werden.

Es gibt mittlerweile mehrere Geräte, die einen virtuellen Abhörraum erzeugen können, wie zum Beispiel der Beyerdynamic Headzone, das TheaterPhone, der Smyth Realiser, oder das BRS System. Sie arbeiten grundsätzlich alle mit Impulsantworten; die Art und Weise, wie diese erzeugt werden, ist jedoch sehr unterschiedlich. Der von Smyth Research entwickelte Realiser A8 stellt in diesem Zusammenhang eine Besonderheit dar, weswegen ich mich im weiteren Verlauf näher mit ihm beschäftigen werde.

Konzept | 5.1

Der Smyth Realiser A8 erzeugt mit Hilfe von Impulsantworten einen virtuellen Abhörraum. Der Grundgedanke beschäftigt sich damit, die zuvor genannten Schwachstellen der Kopfhörerwiedergabe zu beseitigen und durch unseren natürlichen Höreindruck zu ersetzen. Ziel ist es, den Kopfhörer effektiver nutzen zu können und ihn außerdem mehrkanalfähig zu machen. Dies funktioniert, indem eine raumakustische Realität für den Kopfhörer simuliert wird. Es gibt zahlreiche Produkte, die diesen Ansatz verfolgen. Allerdings unterscheidet sich der Smyth Realiser von den anderen Produkten dahingehend, dass er nicht mit einer allgemeinen HRTF arbeitet, sondern eine personalisierte Raum-Impulsantwort inklusive der individuellen Außenohr-Übertragungsfunktion verwendet, die es erlaubt, sich in jeden beliebigen Raum einzumessen.³⁸

Das Gerät | 5.2

Der Realiser ist eine kleine schwarze Box. Angeschlossen wird er über unsymmetrische Cinch Ein- und Ausgänge, die sich an der Rückseite befinden. Zusätzlich stehen noch HDMI Schnittstellen für einkommende und ausgehende Digitalsignale zur Verfügung. Der Kopfhörer kann über eine 3,5mm Miniklinke an der Front angeschlossen werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, einen Kopfhörerverstärker analog per Cinch oder digital über einen optischen Ausgang anzubinden. Alle Ausgänge erhalten das gleiche Signal.

Die Steuerung erfolgt ausschließlich über eine Fernbedienung. Sämtliche Informationen lassen sich über das Display und einige Signalleuchten erfassen. Um Einstellungen zu speichern und Daten auf oder vom Realiser zu kopieren, steht ein SD-Karten-Slot bereit.

Das Headtracking-System arbeitet mit Infrarotsignalen. Es ist zudem möglich, den Empfänger an einem Bildschirm zu befestigen oder aufzustellen. Der Sender wird mit einer Halterung auf dem Kopfhörer angebracht und über eine USB-Schnittstelle an der Vorderseite aufgeladen.

Sehr wichtig für die Erfassung der HRTF sind die Miniaturmikrofone. Sie wurden speziell für den Realiser angefertigt, die Kapseln werden wegen ihres nahezu linearen Frequenzgang vornehmlich bei Hörgeräten eingesetzt.³⁹

³⁸ vgl. Peter Kaminski, 2010, S.1

³⁹ vgl. Smyth Research, 2011, S. 9 ff.



Abb. 5-1: Smyth Realiser – Front- und Rückansicht

Funktionsweise | 5.3

Wie bereits erwähnt, ist unser Hörempfinden besonders durch persönliche Merkmale definiert. Diese sehr individuellen Merkmale sind von entscheidender Bedeutung für die Genauigkeit eines Höreindrucks. Der Realiser ermöglicht unter Verwendung von Minimikrofonen eine personenspezifische Messung der HRTF in jedem beliebigen Abhörraum zu erstellen. Aus der HRTF wird eine Impulsantwort gewonnen, die die gesamten akustischen Eigenschaften der Abhörsituation definiert. Die Impulsantwort ermöglicht die Simulation des Abhörraums, indem jedes der Eingangssignale mit dieser gefaltet wird. Diese Messung nennt sich Personalised Room Impulse Response (PRIR). Auf den genauen Ablauf einer solchen Messung werde ich noch gesondert eingehen.

Es ist möglich, jeden beliebigen Kopfhörer mit dem Realiser zu verwenden. Um die Interaktion zwischen Kopfhörer und dem Außenohr zu erfassen, aber auch um die klanglichen Eigenheiten des Kopfhörers selbst zu kompensieren, ist zusätzlich eine Kopfhörermessung möglich. Dessen Frequenzgang lässt sich unter Verwendung einer Impulsmessung – der sogenannte Headphone-Equalizer (HPEQ) - analysieren und somit linearisieren. Über Dual-User Mode besteht die Möglichkeit, für zwei verschiedene Personen eine Simulation auszugeben, allerdings nur unter bestimmten Voraussetzung. So muss zum Beispiel das gleiche Lautsprecher-Setup benutzt werden. Durch kleine Kopfbewegungen und Drehungen finden wir uns in unserer akustischen Umgebung zurecht. Da die Kopfhörerwiedergabe aber ein statisches Klangbild erzeugt, hilft ein Head Tracking-System aus. Dafür wird ein Infrarotsender auf dem Kopfhörer angebracht, der die aktuelle Kopfposition an den Empfänger weitergibt und dementsprechend das Klangbild an die jeweilige Position anpasst. Um die Illusion der Räumlichkeit perfekt zu machen, gibt es außerdem noch die Möglichkeit, ein Seat-Shaker anzuschließen. Bei dessen Benutzung werden auch tieffrequente Signalanteile als Körperschall spürbar. Für meine Arbeit stand mir dieser leider nicht zur Verfügung.⁴⁰

⁴⁰ vgl. Smyth Research, 2011 S. 1 ff.

Ablauf einer Messung | 5.4

Das große Alleinstellungsmerkmal des Smyth Realisers ist die Möglichkeit, eine individuelle HRTF für bis zu acht Kanäle in jedem beliebigen Raum zu erzeugen. Welchen Unterschied eine personenspezifische Messung ausmacht, lässt sich durch einen Vergleich mit der „Factory Default Emulation“ ermitteln. Hierbei handelt es sich um eine von Smyth Research erstellte, gemittelte Messung in 7.1. Bei einer Gegenüberstellung dieser beiden Simulationen werden die Vorteile einer persönlichen HRTF sehr prägnant hörbar. Natürlich stellt die Erfassung einer solchen Messung besondere Ansprüche an ebendiese dar, denn letztlich beeinflusst sie den gesamten Klang. So muss gewährleistet sein, dass in sämtlichen Situationen eine zufriedenstellende Messung erzeugt werden kann. Dafür gibt es zahlreiche Möglichkeiten, Umfang und Genauigkeit einzustellen.

PRIR (Personalised Room Impulse Response) | 5.4.1

Die PRIR-Messung erfasst die persönliche Raum-Impulsantwort. Sie bildet die Basis jeder Simulation.

Kanalzuordnung | 5.4.1.1

Zunächst wird das gewünschte Lautsprecher-Setup konfiguriert. Die acht Kanäle können hierbei frei zugeordnet werden. Man ist demnach auch nicht an die gängigen Normen gebunden, sondern kann sich der jeweiligen Lautsprecheraufstellung individuell anpassen. Die Messung der Kanäle erfolgt diskret, es wird jeder Lautsprecher einzeln gemessen. Dadurch ergibt sich eine Kompatibilität zu einem Setup mit weniger Kanälen. Es ist also möglich, auf einer 5.1 Messung auch Stereo zu hören. Dafür wird für jeden der Kanäle die Position im Raum ausgewählt, zum Beispiel left, center oder auch left back für 7.1 oder rear elevated right für ein Auro 3D Setup. Um die virtuellen Lautsprecher auf die jeweilige Position genau anzupassen, besteht die Möglichkeit, den horizontalen Winkel (Azimuth) zum Beispiel -110° für Surround left, sowie den vertikalen Winkel (Elevation) für eine eventuell erhöhte Positionierung abzustimmen. Hierdurch weiß das Gerät, wie die Lautsprecher im Raum angeordnet sind.

Messmikrofone | 5.4.1.2

Nun müssen zunächst die kleinen Messmikrofone korrekt im Gehörgang platziert werden. Sie sollten weit genug im Gehörgang sitzen, so dass der äußere Teil des Mikrofons bündig mit der Haut abschließt. Zu beachten ist, dass die Mikrophonkapsel gerade eingeführt und von außen durch nichts verdeckt wird. Ein gelbes Ohrpolster aus Schaumstoff hilft bei der Positionierung. Eine korrekte Mikrofonposition am Außenohr ist ausschlaggebend für eine präzise Messung.

Pegelkalibrierung | 5.4.1.3

Anschließend muss der Realiser kalibriert werden. Die Kalibrierung dient der Lautstärkenkontrolle der Lautsprecher untereinander, sowie der Ermittlung des optimalen Pegels für die Messung. Hier ist zu erwähnen, dass die Lautstärke nicht für jeden Lautsprecher individuell eingestellt werden sollte. Es wird empfohlen mit Hilfe der Gesamtlautstärke eine Einstellung zu finden, die für alle Lautsprecher passt, ansonsten kann es zu Balance-Verschiebungen innerhalb der Messung kommen. Nach einer erfolgreichen Kalibrierung folgt die Einmessung.

PRIR - Messung | 5.4.1.4

Der Vorgang einer Einmessung sieht wie folgt aus: Ein Sweep von wahlweise 3s oder 12s Länge durchläuft das Frequenzspektrum zwischen 20Hz und 20kHz separat für jeden Lautsprecher. Dieser Prozess findet für die Blickrichtungen geradeaus, links und rechts statt; das heißt, jeder Lautsprecher wird mindestens dreimal angesteuert. Für ein besseres Ergebnis besteht außerdem die Möglichkeit, die Anzahl der Sweep-Durchläufe für geradeaus und links/rechts gesondert einzustellen. Hierfür können eine, zwei, vier oder acht Wiederholungen pro Lautsprecher durchgeführt werden. Für die Blickrichtung geradeaus wird empfohlen, mehrere Durchläufe zu wählen, da diese kritischer ist als die Position links/rechts. Eine Ansage über die Lautsprecher gibt die jeweilige Kopfposition an. Es ist zudem wichtig, dass die Nase des Hörers immer exakt auf den entsprechenden Lautsprecher zeigt, denn wir drehen zwar den Kopf, allerdings führen die Pupillen unbewusst die letzten Grade unserer Drehbewegung aus, anstatt des Kopfes selbst. Schon kleine Ungenauigkeiten bei der Kopfposition können später in der Simulation zu einer ungenauen und falschen Ortung der Lautsprecher führen. Um dem vorzubeugen, gibt es mehrere Verfahren, ein optimales Ergebnis sicher zu stellen.

Blickwinkelermittlung | 5.4.1.5

Die Standardmethode der Blickwinkelermittlung nennt sich AZI (Azimuth). Hierfür gibt es keine zusätzliche Hilfestellung; es wird von den zuvor eingegebenen Azimuth-Werten ausgegangen. Der Hörer muss den Lautsprecher genau fixieren. Beim HT-Verfahren (Head Tracker) trägt er während der Messung zusätzlich einen Kopfbügel, auf dem dieser befestigt ist. Das System zeichnet dann die tatsächliche Kopfposition auf. Eine weitere Methode zur Ermittlung des Blickwinkels ist die PLT-Technik (Pilot). Bei diesem Verfahren helfen Pilot-Töne, zunächst die genauen Azimuth-Werte der Lautsprecher zu ermitteln. Diese werden anschließend anstelle der manuell eingegebenen Winkel verwendet. Dieses Verfahren kann hilfreich sein, wenn die genauen Winkel nicht bekannt sind, oder sich die Lautsprecher zum Beispiel hinter einer Leinwand befinden. Pilot-Töne können auch unabhängig bei jeder der anderen Methoden verwendet werden. Sie helfen, den Kopf exakt zu

positionieren. Mit Hilfe dieser Töne, die durch die Messmikrofone aufgezeichnet werden, entsteht eine akustische Rückmeldung zur aktuellen Kopfposition. Ein gleichbleibender Ton gibt die präzise Kopfposition an, wird der Ton höher oder tiefer muss der Hörer den Kopf entweder etwas nach links oder rechts drehen.

Diagnoseseiten | 5.4.1.6

Am Ende jeder Messung folgen zwei Diagnoseseiten. Die erste Seite zeigt den gemittelten Fremdspannungsabstand jeder Impulsantwort. Dieser gibt die gemittelten Werte der einzelnen Impulsantworten an, die in der jeweiligen Blickrichtung am linken und rechten Ohr gemessen wurden. Dieser Wert sollte für jedes Paar (linkes und rechtes Ohr) in etwa gleich sein. Die zweite Diagnoseseite zeigt das gemittelte interaurale Delay (Verzögerung zwischen linkem und rechtem Ohr) jeder Impulsantwort in Samples an. Auch hier wird für jeden Kanal ein Delay-Wert für die Blickrichtung geradeaus, links und rechts angezeigt. Hieraus lässt sich feststellen, ob die Testperson bei der entsprechenden Blickrichtung genau auf den Lautsprecher geschaut hat. Wenn ja, sollte der zutreffende Wert nahe Null sein. Ich werde später in meiner Auswertung noch einmal auf die Bedeutung dieser Daten eingehen. War die Messung erfolgreich, wird sie abgespeichert.

HPEQ (Headphone Equalizer) | 5.4.2

Die Kopfhörmessung, HPEQ genannt, soll nun dafür sorgen, dass der Kopfhörer nicht klangverändernd eingreift. Da der Realiser mit jedem Kopfhörer benutzt werden kann, ergibt eine solche Messung durchaus Sinn. Dabei wird sowohl die Interaktion, die zwischen Kopfhörermuschel und Außenrohr entsteht ausgeglichen, sowie der kopfhörerspezifische Frequenzgang linearisiert. Die Messung ist vergleichsweise einfach durchzuführen. Der Hörer muss hierfür die Messmikrofone wieder in den Gehörgang einführen. Wenn diese richtig sitzen, kann der Kopfhörer aufgesetzt werden. Anschließend wird erneut eine kurz Messesequenz ausgegeben, die allerdings nicht der PRIR-Messung entspricht. Diese Sequenz ist recht kurz. Abschließend wird die Messung gespeichert.

PRIR-Messung und HPEQ-Messung sind demnach getrennt aufrufbar und stehen in keinerlei Beziehung zueinander. Folglich ist es möglich, eine PRIR-Messung mit verschiedenen HPEQ-Messungen zu hören, um zu vergleichen, welcher Kopfhörer am Besten geeignet ist.

Der Realiser kann aber auch ohne HPEQ-Messung verwendet werden, jedoch fallen die klanglichen Unterschiede zwischen der Simulation und dem realen Raum dann sehr viel deutlicher aus, als mit dieser Messung.

Bei der Kopfhörmessung stehen ebenfalls noch Möglichkeiten zur Optimierung zur Verfügung. Diese gestalten sich hingegen sehr viel aufwendiger und verbessern die Messung nur geringfügig.

Der Realiser verfügt für PRIR- und HPEQ-Messung jeweils über 64 interne Speicherplätze. Zusätzlich gibt es noch die Möglichkeit, Messungen auf einer SD-Karte zu speichern. Um eine Messung verwenden zu können, muss diese allerdings in ein Preset geladen werden. Das Gerät besitzt vier solcher Sets, die jeweils aus einer PRIR-Messung, sowie in der Regel aus einer HPEQ-Messung (nicht zwingend benötigt) bestehen. Außerdem kann man hier sämtliche Daten speichern, die innerhalb des Presets verändert werden. Mit Hilfe dieser vier Presets ist ein schnelles Vergleichen verschiedener Messungen, Abhörräume oder Kopfhörer möglich.

Ergebnis | 5.4.4

Gelingt eine gute Messung, so entsteht über die Simulation ein Höreindruck, der überraschend nah an dem der Lautsprecher ist. Als ich meine eigene PRIR das erste Mal über den Kopfhörer wahrnahm, dachte ich im ersten Moment, dass die Lautsprecher noch angeschaltet sind. Die Realitätsnähe ist wirklich überwältigend. Zu dieser Erkenntnis kamen auch Andere. Im Rahmen dieser Arbeit konnte ich die gleiche Reaktion auch an erfahrenen Tonmeistern beobachten. Man muss tatsächlich sehr genau hinhören, um geringfügige Ungenauigkeiten bei der Lokalisation oder Klangveränderungen festzustellen. Bei reiner Musikkwiedergabe fallen diese jedoch kaum bis gar nicht ins Gewicht.

Probleme | 5.4.5

Neben Problemen, die bei der Messung auftreten, kann es auch noch zu einem anderen Effekt kommen, der das Arbeiten mit dem Realiser beeinflusst. So ist es durchaus gewöhnungsbedürftig, wenn es zu einer Diskrepanz zwischen dem auditiven und visuellen Eindruck kommt. Schon Jens Blauert schrieb: „Der Mensch ist vorwiegend ein Augenwesen.“⁴¹ Das Auge ist unser primäres Sinnesorgan; andere Sinneseindrücke werden vorwiegend dazu genutzt, das Gesehene zu unterstützen und näher zu beschreiben. Folglich erweist es sich als problematisch, wenn Auge und Ohr kontroverse Informationen erhalten. Das kann zum Beispiel passieren, wenn man sich über den Realiser - in einer großen Kirche sitzend - die Simulation eines trockenen Studioraums anhört. Da dieser, im Gegensatz zur normalen Kopfhörerwiedergabe, eine glaubhafte räumliche Abbildung liefert, sucht das Gehirn nach dem „Fehler“ der beiden Sinneseindrücke. Wie bereits erwähnt wird dem Auge jedoch oftmals Vorrang gewährt und somit kann das Gehörte eventuell in Frage gestellt werden. Es bedarf etwas Zeit und Gewöhnung, um sich nicht mehr verunsichern zu lassen und dem Höreindruck des Realisers zu vertrauen.

41 Blauert, 1974, S. 2

Die neuen Entwicklungen von Geräten, die virtuelle Abhörräume erzeugen und mitunter einen sehr realitätsnahen Höreindruck vermitteln, weckten mein Interesse. Hierbei war für mich interessant, inwieweit es möglich ist, mit einem solchen System professionell zu arbeiten. Kann ein virtueller Abhörraum in machen Situationen hilfreich sein oder ein vergleichbares Arbeiten zu einer realen Tonregie gewährleisten? In anderen Worten: Kann also eine Simulation den hohen klanglichen Ansprüchen gerecht werden, die für eine hochwertige Audio-Produktion notwendig sind? Wo liegen die Unterschiede zwischen der Wiedergabe über Lautsprecher und die eines virtuellen Abhörraumes; und wie sieht das praktische Arbeiten mit einem solchen Gerät aus?

Für mich war in diesem Zusammenhang der Smyth Realiser von besonderem Interesse. Da er mit einer personenspezifischen Impulsmessung arbeitet, die individuelle Merkmale berücksichtigt, sollte die Anwendung zu einer sehr realitätsnahen Simulation führen. Während einer Präsentationsveranstaltung konnte ich mich von den herausragenden Qualitäten der virtuellen Raumnachbildung überzeugen.

Es entwickelte sich die Idee, einen kompletten Produktionszyklus ausschließlich mit dem Realiser durchzuführen. Jedoch hängt das Ergebnis einer Produktion letztlich auch von einer Vielzahl von Faktoren ab, die sich nicht mit dem Einfluss des Realisers in Verbindung bringen lassen. Somit kann nur die Frage geklärt werden, ob ein Arbeiten mit einer Simulation generell möglich ist, aber nicht beantwortet werden, inwieweit der Realiser eine Produktion beeinflusst. Hierfür müsste eine konventionelle Aufnahme durchgeführt werden, sowie eine solche, die mit Hilfe eines virtuellen Abhörraums erzeugt wurde. Allerdings kann auch dabei eine unterschiedlich starke Performance der Musiker die Vergleichbarkeit schmälern.

Da die Stärken des Realisers besonders im Bereich der Postproduktion anzuordnen sind - sofern es sich nicht um eine Produktion des klassischen Genre handelt⁴² - habe ich die Idee einer Aufnahme verworfen. Ich entschied mich deshalb dafür, das gleiche Tonmaterial einmal über Lautsprecher, sowie auch über die Simulation des selben Abhörraums mit gleichbleibender Klangvorstellung zu mischen. Das soll vor allem der besseren Vergleichbarkeit beider Abhörmöglichkeiten dienen. Die fertigen Mischungen wurden letztlich im realen Raum über Lautsprecher beurteilt, denn es sollte ermittelt werden, ob ein mit dem Realiser angefertigter Mix auch hier funktioniert. Um zu untersuchen, welchen Unterschied es macht, wenn sich der visuelle Eindruck nicht mit dem auditiven deckt, wurde in der gleichen Produktionsumgebung über verschiedene Simulationen gemischt. Ich habe mich also in verschiedenen Abhörräumen eingemessen und jeweils eine

⁴² Im klassischen Genre wird der Klang weniger in der Postproduktion, sondern primär durch die Mikrofone und deren Position bestimmt. Herrschen zum Kontrollhören schlechte Abhörbedingungen, kann der Realiser durchaus bei der Positionierung der Mikrofone helfen.

Mischung über den Realiser angefertigt. Da es sich hierbei vornehmlich um kommerzielle Studios handelt, war es mir aus organisatorischen und zeitlichen Gründen nicht möglich, in dem jeweiligen Raum über Lautsprecher zu mischen. Die Realiser-Mischung wurde letztlich von einem Tonmeister/Toningenieur eingeschätzt, der mit dem betreffenden Abhörraum klanglich vertraut ist. Dieser sollte beurteilen, inwieweit sie im realen Raum funktioniert.

Da der Realiser es außerdem möglich macht, über den Kopfhörer Mehrkanalformate anzuhören, soll von dem entsprechenden Musikstück eine 5.1 Mischung angefertigt werden. Zudem kann hier besonders auf die Problematik der vorn-hinten-Lokalisation, sowie auf die Schwierigkeit, mittige Schallquellen richtig abzubilden, eingegangen werden. Diese Umstände treten vornehmlich im Zusammenhang mit der binauraler Wiedergabe auf.

Ebenso interessant wie die Beurteilung der räumlichen Wiedergabe über eine Simulation, ist darüber hinaus die klangliche Korrektheit einer solchen. Um zu untersuchen, inwieweit sich auch nur kleine klangliche Ungenauigkeiten bei einer Mischung im virtuellen Abhörraum auswirken, habe ich mich entschieden, einen Rock/Pop Song zu bearbeiten. Bei diesem Musikstil werden die Signale der einzelnen Instrumente zum Teil stark durch Filter, Regelverstärker und Effekte verändert. Dadurch bedingt, ist es enorm wichtig, mit einem klanglich zuverlässigem Abhörssystem zu arbeiten. Das Tonmaterial entstand an der Hochschule der Medien in Stuttgart, im Rahmen einer Aufnahme der „Studioproduktion Ton“ im Sommersemester 2011, an welcher ich ebenfalls beteiligt war. Es handelt sich um den Song „Hello Hello“ von der Band „Lilly Among Thorns“.

Zunächst musste geklärt werden, unter welchen Umständen eine möglichst exakte Messung des jeweiligen Abhörraums zu realisieren ist. Wie bereits im entsprechenden Abschnitt beschrieben, gibt es hier eine Vielzahl von Möglichkeiten, um ein gutes Messergebnis in verschiedenen Umgebungen zu erhalten. Nun galt es zu ermitteln, welche Kombination der bereits beschriebenen Einstellungen das beste Resultat zuverlässig garantiert.

Wichtig ist hierbei vor allem, dass das Hörereignis der einzelnen Lautsprecher in der Simulation genau dort entsteht, wo sich diese auch im realen Raum befinden. Problematisch sind in diesem Zusammenhang besonders die Surround-Lautsprecher (SL/SR), sowie der Center. Wie aus Abbildung 2-3 ersichtlich wird, ist die Lokalisationsunschärfe bei seitlichem Schalleinfall deutlich höher als etwa bei frontalem Schalleinfall. Dieser Umstand erschwert die präzise Lokalisation des Hörereignis bei Signalen, die von diesen Lautsprechern abgegeben werden. Beim Center ist zum Einen darauf zu achten, dass das Hörereignis genau mittig entsteht und zum Anderen, in welcher Entfernung es wahrgenommen wird. Neben einer guten Lokalisation ist auch die Balance der Lautsprecher untereinander wichtig. Das Hörereignis von links und rechts sollte ebenso ausgeglichen sein wie zwischen Surround links und Surround rechts. Beim Low Frequency Effekt-Lautsprecher (LFE) kann es zu Problemen bei der Beurteilung der Lautstärke kommen, da er nur tieffrequente Signale in relativ geringer Lautstärke wiedergibt. Abschließend gilt es, noch die klangliche Ähnlichkeit zwischen der Lautsprecherwiedergabe und der Simulation zu beurteilen.

Durch einige Messversuche wollte ich zunächst feststellen, inwiefern sich die zuvor genannten Probleme vermeiden lassen. Ich wendete die verschiedenen Methoden zur Blickwinkelermittlung an und variierte dabei die Anzahl der Sweep-Durchgänge. Es ließ sich jedoch nicht ermitteln, welche Kombination das beste Ergebnis liefert. Auch unter Einbeziehung der zwei Diagnose-Seiten ließ sich keine nennenswerte Schlussfolgerung finden. Aufgrund dessen entschied ich mich, in jedem Abhörraum nach Möglichkeit drei Messdurchläufe mit verschieden eingestellten Parametern durchzuführen.

Lediglich die Dauer des Sweeps konnte ich eindeutig mit einer Verbesserung in Verbindung bringen. Somit führte ich jeden Messdurchgang mit dem 12s-Sweep durch, wie es für häufig verwendete Messungen empfohlen wird⁴³.

⁴³ vgl. Smyth Realiser A8 Manual S. 60

Platzieren der Messmikrofone | 7.3

Ebenfalls von wichtiger Bedeutung ist die korrekte Positionierung der Messmikrofone im Gehörgang. Da ich anfänglich bezüglich der genauen Platzierung verunsichert war, fotografierte ich mein Ohr um dies zu überprüfen. Nach einigen Versuchen stellte sich das Gefühl für eine gute Position schließlich ein.

Kopfhörerauswahl | 7.4

Neben einer guten Messung wird auch ein präziser Schallwandler benötigt, um eine stimmige Simulation zu erzeugen. Da mir der empfohlene elektrostatische Kopfhörer Stax SRS-2170 leider nicht zur Verfügung stand, führte ich zunächst einen umfangreichen Kopfhörer-Test durch. Hierbei wollte ich evaluieren, welcher der mir zur Verfügung stehenden Kopfhörern sich am besten für meine Zielsetzung eignet. In die engere Auswahl kamen der AKG K601 und der Beyerdynamic DT 990 Pro.

Beide Modelle sind dynamische Kopfhörer in offener Bauweise und für ihren hervorragenden Klang bekannt. Der AKG zeichnet sich durch einen sehr ausgewogenen Klang, sowie durch eine äußerst gute räumliche Abbildung aus. Jedoch empfand ich die Bass-Wiedergabe für die Mischung eines Rock/Pop Songs etwas unzureichend. Aus diesem Grund entschied ich mich, primär mit dem Beyerdynamic zu arbeiten, auch wenn dieser eine etwas schlechtere räumliche Wiedergabe aufweist. Für die Beurteilung solcher Signale nutzte ich dann gelegentlich den AKG Kopfhörer.

Im Folgenden möchte ich ein paar Informationen zu den vier verschiedenen Regieräumen geben, in denen ich mich eingemessen hatte, sowie auch auf eventuelle Besonderheiten aufmerksam machen. Danach werde ich kurz auf die Messungen (jeweils 12s-Sweeps) eingehen und anschließend diese auswerten.

Um eventuelle klangliche Unterschiede zwischen realem Abhörraum und Simulation festzustellen, wurden diese vor Ort gegenübergestellt; hierbei diente die Referenz-Mischung als Beurteilungsgrundlage.

A Regie – Hochschule der Medien Stuttgart | 8.1

Die A Regie in der Hochschule der Medien ist für Musikaufnahmen und Mischungen konzipiert. Während meines Studiums fertigte ich einen Großteil meiner Mischungen dort an. An seine klanglichen Begebenheiten habe ich mich im Laufe der Zeit gewöhnt und kann behaupten, ihn recht gut einschätzen zu können. Mit einer Größe von ca. 38m² stellt die A Regie den kleinsten Abhörraum dar; das Raumvolumen beträgt in etwa 80m³. Die Surround-Abhöre besteht aus ADAM-Audio S2A Lautsprechern, welche durch einen ADAM Sub1 Subwoofer ergänzt wird.

Da ich in der Hochschule nach Belieben Messungen durchführen konnte, nutzte ich die Gelegenheit, um ein wenig zu experimentieren. Insgesamt nahm ich zehn Messungen vor, wobei die Häufigkeit der Sweep-Durchgänge, sowie die Methoden zur Blickwinkelermittlung variierten. Mein Ziel war es, den Raum möglichst exakt einzufangen.

Nach eingehender Untersuchung entschied ich mich für eine Messung, welche mit Hilfe von vier Sweeps mit Blickrichtung geradeaus und zwei Sweeps mit Blickrichtung links und rechts erzeugt wurde. Hierbei kam das AZI-Verfahren unter Zuhilfenahme von Pilottönen zum Einsatz. Klanglich entsprach diese Messung der räumlichen Abbildung am ehesten. Auch die Lokalisation, speziell der Surround- Lautsprecher war sehr überzeugend. Ein häufiges Problem bei den anderen Messungen stellte die Direktheit des Centers und des LFEs dar, wobei dem Center aufgrund seiner Funktion als stabile Phantomschallquelle eine wesentlich größere Bedeutung zukommt. Dieser konnte mich bei der Messung allerdings besonders überzeugen. Hinzukommend muss noch erwähnt werden, dass die Messung durch einen zu lauten linken Kanal leider eine verschobene Balance aufwies. Dieser war um 3dB zu laut.

Bei Mertens Audio Engineering findet vorrangig die Postproduktion von Klassik-Aufnahmen und Live-Mitschnitten statt. Viele Produktionen sind bildbezogen und werden für DVD oftmals in Surround gemischt. Der Abhörraum ist ca. 60m^2 groß und besitzt ein Raumvolumen von 126m^3 . Die Nachhallzeit beträgt bei mittleren Frequenzen zwischen 0,17s und 0,31s. Als Haupt- und Surroundabhöre stehen Klein+Hummel O 300 D Lautsprecher zur Verfügung. Ergänzt wird das System durch einen Genelec 7070A Subwoofer. Die Abhöre harmoniert sehr gut mit dem Raum, welcher, meiner Meinung nach, im Gesamten sehr ausgewogen klingt.

Insgesamt nahm ich drei Messungen vor. Eine mit jeweils zwei Sweep-Durchgängen pro Lautsprecher (mittels HT-Verfahren) und zwei Messungen mit jeweils nur einem Durchlauf. Bei den beiden letztgenannten Messungen wurde der Blickwinkel einmal durch AZI und einmal mittels des HT-Verfahrens erhoben.

Klanglich gab es geringfügige, aber entscheidende Unterschiede zwischen den Messungen. So erwies sich die Simulation, die mit Hilfe von zwei Sweep-Durchgängen erzeugt wurde, als zu räumlich. Bei einer weiteren Messung war der LFE zwar sehr präsent, der Center allerdings zu indirekt. Letztlich überzeugt mich der Messdurchgang mit nur einem Sweep-Verlauf für die Blickrichtung geradeaus (mittels AZI-Verfahren) durch seinen authentischen Klang am meisten. Jedoch stellte ich bei genauerer Analyse fest, dass die Balance bei den Abbildungen der vorderen und hinteren Kanäle nach links tendieren. Um dies auszugleichen, bedurfte es einer Pegelreduzierung des linken Kanals um ca. 1,5dB, ebenso musste Surround links um 3dB abgesenkt werden.

Regie 1 – Bauer Studios Ludwigsburg | 8.3

Die Bauer Studios sind das älteste kommerzielle Tonstudio in Deutschland. Zahlreiche renommierte Musikproduktionen fanden hier statt. Die Regie 1 ist mit einer Größe von 55m^2 die Haupttonregie im Hause Bauer. Die akustische Gestaltung in ihrer jetzigen Form wurde unter der Leitung von Karlheinz Stegmaier umgesetzt. Die Nachhallzeit lässt sich für verschiedene Frequenzen aus der Abbildung 9-1 entnehmen. Da bei reinen Musikproduktionen Surround keine besonders große Rolle spielt, liegt bei den Bauer Studios der Schwerpunkt auf Stereo-Mischungen. Die Stereo-Hauptabhöre bilden zwei Genelec 1039A Lautsprecher, die in der Wand eingelassen sind. Für Surround-Anwendungen werden diese durch einen Genelec 1038A als Center, vier Genelec 1030A als Surround-Lautsprecher, sowie einen Genelec Subwoofer ergänzt. Eine Besonderheit stellt die Installation dieser Surround- Lautsprecher dar. Da sie wegen den räumlichen Gegebenheiten

nicht im empfohlenen Winkel von 110° befestigt werden konnten, wurden für jede Seite je zwei Lautsprecher angebracht; einer im Winkel von 90° , ein anderer bei 130° . Zusammen bilden diese eine Phantommitte bei 110° . Der Pegel muss dabei um 3dB abgesenkt werden.

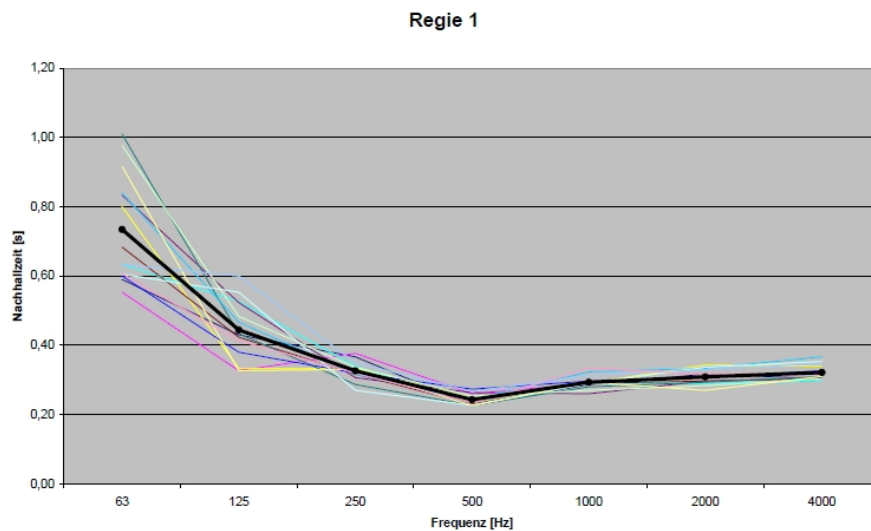


Abb. 9-1: Nachhallzeit der Regie 1 – Bauer Studios Ludwigsburg;
gemessen an verschiedenen Positionen; die schwarze Kurve stellt den gemittelten Wert dar.

Auch hier nahm ich drei Messungen mit unterschiedlicher Anzahl von Sweep-Wiederholungen vor. Zur Bestimmung der Blickrichtung kam das AZI-Verfahren unter Zuhilfenahme von Pilottönen zum Einsatz.

Am überzeugendsten klang für mich die Simulation, die mit vier Sweep-Durchläufen für die Blickrichtung geradeaus und zwei Wiederholungen für die Blickrichtung links und rechts erzeugt wurde. Alle Kanäle konnten gut lokalisiert werden, besonders die Surrounds waren gut ausbalanciert. Das Lautstärkeverhältnis der vorderen Lautsprecher kippte allerdings leicht nach rechts. Durch eine Reduzierung des rechten Kanals um 3dB konnte ich dem entgegen wirken. Zudem empfand ich den Center-Kanal als zu leise. Ich machte im realen Raum jedoch eine ähnliche Beobachtung, weshalb dieser Umstand vermutlich zum Teil auf eine Raumbesonderheit zurückzuführen ist. Es gestaltete sich deshalb schwierig, einen eventuellen Messfehler, beziehungsweise den Umfang des Fehlers zu ermitteln.

Tonregie 4 - Institut für Musik und Medien Düsseldorf (IMM) | 8.4

Die Tonregie 4 wird besonders wegen ihrer Größe von 54m^2 und einem Volumen von 150m^3 vornehmlich für Film- und Surround-Mischungen verwendet. Zudem gilt sie als klanglich ausgewogen. Fünf Genelec 1032A Lautsprecher und ein Genelec 1094A Subwoofer bilden die Surround-Abhöre.

Aus zeitlichen Gründen konnte ich hier nur eine Messung durchführen. Die Blickrichtung wurde durch das AZI-Verfahren mit unterstützenden Pilot-Tönen ermittelt. Sowohl für die Blickrichtung geradeaus, als auch für links und rechts wurden jeweils zwei Sweep-Wiederholungen durchgeführt. Die Auswertung ergab, dass vorn als auch hinten die linke Seite überbetont war. Um ein ausgewogenes Klangbild zu erhalten, musste der linke Kanal um 3,5dB und der linke Surround-Kanal um 2,5dB reduziert werden. Der LFE war außerdem sehr präsent. Wird dieser in der Simulation stumm geschallt, bricht die Wiedergabe tieffrequenter Signalanteile etwas ein. In der realen Regie konnte ich dieses Verhalten in dem Maße nicht feststellen.

Fazit | 8.5

Leider ist mir in keiner der Regien eine perfekte Einmessung gelungen. Selbst in der HdM konnten zehn Messungen mit verschiedenen Parametern keine exakte Simulation liefern. Jede einzelne weist - wenn auch nur geringfügig - Balanceprobleme auf. Bei einer ersten Gegenüberstellung in der entsprechenden realen Tonregie sind mir diese oftmals nicht aufgefallen. Als ich zu einem späteren Zeitpunkt jede Messung jedoch noch einmal prüfte, bemerkte ich dieses Ungleichgewicht. Im Laufe der Zeit achtete ich deswegen bewusst auf die Ausgewogenheit der Kanäle. Später durchgeführte Messungen mit verschiedenen Messeinstellungen brachten hingegen auch keine Veränderungen.

Die zwei Diagnose-Seiten konnten dieses Problem auch nicht aufklären. Gleichwohl fiel es mir allgemein sehr schwer, die Daten in einen Bezug zur Qualität einer Messung zu setzen. Mir gelang es nicht, anhand der Diagnose-Seiten eine Aussage über die Einmessung zu machen. Letztlich konnte ich die Ursache für die Balanceprobleme nicht klären. Da diese Problematik auf vielseitige Faktoren zurückzuführen sein kann, ist ein Anwendungsfehler nicht auszuschließen. Bezüglich klanglicher Aspekte war ich trotz allem sehr zufrieden mit meinen Messungen. Auch die Lokalisation hat mich in den meisten Fällen überzeugt.

Vorüberlegung zum Mischen | 9.1

Mit den verschiedenen Mischungen soll untersucht werden, wie sich unter professionellen Gesichtspunkten mit dem Smyth Realiser arbeiten lässt und ob die entstandenen Mixe - in dem entsprechenden realen Raum über Lautsprecher wiedergegeben - der kritischen Bewertung eines Tonmeisters/Toningenieurs Stand halten können. Besonders der direkte A/B-Vergleich der Mischungen, die im Studio der HdM einmal über Lautsprecher sowie mit Hilfe der Simulation des gleichen Abhörraums angefertigt wurden, macht eine Vergleichbarkeit der Mixe notwendig.

Um eine Gegenüberstellung zu gewährleisten, wurde allen Mixen die gleiche Klangvorstellung zugrunde gelegt. Es galt also, den gleichen Song mit den selben Equipment in jeweils anderen simulierten Abhörumgebungen gleich klingen zu lassen. Für ein „klangliches Muster“ fertigte ich im Vorfeld in der HdM eine Referenz-Mischung über Lautsprecher an, die als Orientierungshilfe fungierte. Sie diente mir sozusagen als „klanglicher Leitfaden“ für alle späteren Mixe. Vereinfacht könnte man annehmen, dass im Idealfall alle Mischungen am Ende gleich klingen.

Da im Verlauf der Bearbeitung eines Musikstückes immer wieder neue Ideen und Ansätze aufkamen, habe ich an den Mischungen simultan gearbeitet. Respektive wurde jeder Mix bis zu einem gewissen Punkt fertig gestellt. Waren sie schließlich alle auf einem ähnlichen Niveau, ging ich in den nächsten Bearbeitungsschritt über. So entstand jede Mischung schrittweise und ich konnte auf neue Eindrücke und Ideen flexibel reagieren. Durch diese Verfahrensweise erhoffte ich mir eine bessere, klangliche Homogenität und somit eine leichtere Vergleichbarkeit.

Die Vormischung (Referenz-Mischung) | 9.2

In Vorbereitung zu dieser Arbeit musste ich zunächst erst einmal ermitteln, wie der Song in 5.1 Surround arrangiert werden kann. Da bei der Aufnahme die Zielsetzung darin bestand, eine Stereo-Mischung anzufertigen, habe ich zu Beginn die einzelnen Instrumente in die erweiterte Lautsprecherabbildung verteilt. Besonders der vielen Gitarren-Elemente wegen bot sich der Song grundsätzlich für einen 5.1 Mix an. Allerdings benötigte ich mehr Tonmaterial, um den erweiterten Möglichkeiten einer Surround-Mischung gerecht zu werden. Durch Hinzufügen von Effekten und durch das Editieren einiger Spuren lies sich das Problem beheben. Nun galt es, den Song klanglich ausgeglichen und effektiv zu mischen. Aufgrund meiner geringen Erfahrung im Anfertigen von Mehrkanalmixen, experimentierte ich viel und probierte einiges aus.

Die fertige Mischung sollte mir einerseits eine Vorstellung geben, wie der Song in Surround klingt und mir andererseits als der bereits erwähnte „klangliche Leitfaden“ für die anderen Mixe dienen. Dieser „Leitfaden“ half mir, meiner Klangvorstellung in den teilweise sehr verschieden klingenden virtuellen Abhörräumen treu zu bleiben. Besagter Mix wurde in der Regie A in der HdM mittels Lautsprecher erstellt.

Da ich mich sehr ausgiebig mit der Mischung befasst habe, diente sie mir als Referenz-Musikstück, um mir bei den Messungen einen klanglichen Eindruck von dem jeweiligen Abhörraum zu verschaffen. In dem Zusammenhang nutzte ich sie außerdem, um die Genauigkeit der Simulation mit der realen Lautsprecherwiedergabe zu vergleichen. Folglich werde ich sie als Referenz-Mischung bezeichnen.

Nachdem der Mischprozess mit dem Realiser beendet war, wurde die Referenz-Mischung im Zuge der Vergleichbarkeit ebenfalls überarbeitet.

Das Mischstudio – A Regie HdM | 9.3

Alle Mischungen wurden in der A Regie der Hochschule der Medien erstellt. Auf die räumliche Situation habe ich zuvor bereits Bezug genommen. Nun möchte ich mich zu den technischen Möglichkeiten der Klanggestaltung äußern.

Gemischt wurde über eine Studer Vista 7 Konsole. Dieses Digitalmischpult bietet umfangreiche Klanggestaltungsmöglichkeiten. Hier eine Auflistung der Gestaltungsmittel pro Kanal:

- 4 vollparametrische Equalizer
- Hochpass- und Tiefpassfilter
- Notchfilter
- Kompressor
- Expander
- Gate
- Limiter
- Delay
- Virtual Surround Panning (VSP)

Eine Besonderheit stellt hier die von Studer entwickelte VSP Technik dar. Gewöhnlich wird bei Mischpulten das Panorama mittels Pegeldifferenzen eingestellt; sprich, das Signal wird durch Lautstärkeunterschiede (X-Y) zwischen den Lautsprechern im stereofonen Abbild positioniert. Beim VSP werden neben diesem Verfahren noch weitere Möglichkeiten der Panoramaverteilung angeboten, die zudem surroundfähig sind.

Im Folgenden eine Übersicht:

- X-Y: mittels Pegelunterschiede
- A-B: durch Laufzeitdifferenzen
- ORTF: eine Kombination aus Pegel- und Laufzeitunterschieden
- SPHERE: neben Pegel- und Laufzeitdifferenzen werden Spektralunterschiede hinzugezogen, orientiert sich am Kugelkopfverfahren
- HRTF: arbeitet mit Pegel- und Laufzeitunterschieden, entspricht einer übersprechenkompensierten Stereoverteilung wie sie bei Kunstkopfaufnahmen auftritt
- USER: Verhältnis zwischen Pegel- und Laufzeitunterschieden frei wählbar⁴⁴

Hierdurch ergeben sich bei der Panoramaerzeugung vielseitige Möglichkeiten, besonders beim Arbeiten im Surround. Als DAW stand mir ein ProTools 10 HD-System zur Verfügung; es diente primär als Signalzuspieler. Klangliche Veränderungen habe ich damit nur vorgenommen, wenn diese mit dem Mischpult nicht realisierbar waren, zum Beispiel zum Verzerren von Signalen oder zum Erzeugen von Effekten. Weiterhin konnte ich als Effekt- beziehungsweise Hallgeräte auf ein TC 6000, ein Bricasti M7 und den Transient Designer von SPL zurückgreifen. Zusätzlich stand noch ein Avalon VT-747 SP Kompressor als Outboard zur Verfügung.

Die Mischung | 9.4

Der Song „Hello Hello“ ist ein Rock/Pop Stück, das sich aus den Elementen Schlagzeug, Bass, Keyboard, E-Gitarre, und Gesang zusammensetzt. Wie für das Genre typisch wurde der Titel im Overdub-Verfahren produziert und dementsprechend noch mit weiteren Elementen, wie zum Beispiel Percussion, Backing Vocals sowie einer Vielzahl von Gitarren-Sounds ergänzt.

Das Schlagzeug wurde mit neun Mikrofonen aufgenommen. Die Overheads wurden im A-B-Verfahren aufgezeichnet. Bei der Mischung ist die Panorama-Verteilung zwischen links, rechts und den beiden Surround-Kanälen ebenfalls mittels Laufzeitdifferenzen erzeugt worden, wobei der Schwerpunkt auf den vorderen Lautsprechern lag. Die Bassdrum (BD) hatten wir mit Hilfe von drei Mikrofone abgebildet. Ein Grenzflächenmikrofon im Inneren sorgte für die Präsenz in den mittleren Frequenzlagen. Ein weiterer Schallwandler war in der Öffnung der BD zu finden und bildete somit die niederfrequenten Signalanteile ab. Zusätzlich kam ein sogenannter Sub-Kick zum Einsatz, der vor der BD positioniert, ein Signal lieferte, das ich primär dem LFE zuführte. Die Snare wurde durch ein Mikrofon am Schlagfell, sowie durch ein weiteres unten am Snare-Teppich eingefangen.

⁴⁴ vgl. Razmowa, 2011, S. 38

Des Weiteren gab es noch eine Standtom sowie eine Hi-Hat. Beim Bass wurde zum Einen das reine DI-Signal aufgezeichnet und zum Anderen der Bassverstärker über ein Mikrofon abgenommen. Für die Mischung verwendete ich beide Signale. Das Mikrofonsignal diente dazu, die tiefen Frequenzen, also das Fundament abzubilden. Das DI-Signal hatte ich entsprechend gefiltert und hob dadurch die mittleren Frequenzanteile des Basses hervor. Weiterhin pitchte ich das Mikrofonsignal eine Oktave tiefer, um den Tiefbass-Anteil auf dem LFE zu erhöhen. Das Keyboard lieferte zwei verschiedene Sounds, die nach links und rechts gepant wurden. In den Strophen spielte der Musiker einen Rhodes-Sound und im Refrain, sowie während des Gitarrensolos Orgel. Der Rhodes-Klang konnte nicht genügend überzeugen, deshalb zerpte ich ihn mit Hilfe des Plug-ins Amp-Farm etwas an, wodurch er kerniger klang. Das Rhodes schickte ich zudem auf ein Stereo AUX-Kanal, fügte diesem ein Delay hinzu und lies es zwischen Surround links und Surround rechts hin und her wabern. Dadurch sollte es größer klingen und in den Strophen die Räumlichkeit erhöhen. Alle Gitarren-Sounds wurden mit zwei verschiedenen klingenden Mikrofonen am Verstärker aufgenommen. Aus diesem Grund klingen die Signale zum Teil recht unterschiedlich, einige wurden noch zusätzlich verfremdet. Die einzelnen Gitarren-Elemente habe ich auf elf Spuren verteilt. Die Gitarren-Sounds, die während der Strophe zu hören sind, kommen von Surround links und Surround rechts. Kurz vor dem Refrain setzt eine weitere Gitarre ein, die aus dem Center kommt. Während des Refrains wurden zwei Gitarren auf beiden Seiten zwischen den hinteren und vorderen Lautsprechern auf ca. 100° gepant. Zusätzlich füllt ein kurzer Hall den Raum dazwischen aus, der in gleichen Anteilen auf links, rechts, Surround links und Surround rechts geroutet wurde. Es entsteht auf beiden Seiten eine Art Gitarrenfront. Die Sologitarre kommt aus dem Center, wobei auch hier das Signal zusätzlich auf ein Stereo-AUX verzögert nach hinten gelegt wurde. Während des Solos gibt es noch zwei weitere Gitarren, die den hinteren Raum füllen. Letztlich wandert eine Gitarre während der zweiten Strophe um den Hörer herum.

Der Gesang kommt ausschließlich aus dem Center. Eine gelegentlich einsetzende zweite Stimme wird vorn in der Phantommitte wahrgenommen. Des Weiteren wird im Refrain der Gesang gedoppelt. Diese Dopplung erscheint ebenfalls aus der Phantommitte, jedoch von den hinteren Lautsprechern. Außerdem gibt es - ebenfalls zur Unterstützung der Stimme im Refrain - Backing Vocals. Diese wurden nach Surround links und Surround rechts gepant.

Weiterhin gab es mit einem Shaker sowie einem Schellenkranz noch zwei Percussion-Instrumente. Der Shaker wurde hinten links positioniert und ist während des gesamten Songs zu hören. Um ein Gegengewicht hierzu zu erhalten, wurde ein zusätzliches Signal des Shakers über einen AUX-Weg minimal verzögert nach hinten rechts gegeben. Der Schellenkranz spielt nur kurz am Anfang des Songs, im Refrain und während des Solos. Er bildet eine Art Pendant zur Hi-Hat und befindet sich im rechten, hinteren Teil der Surround-Abbildung.

Der Effekt am Ende des Liedes ist ein Feedback, das wir bei der Aufnahme bewusst erzeugten und das der Schlagzeuger durch sein Effektgerät verfremdete. Um auch niederfrequente Anteile zu erhalten, habe ich dieses Signal zusätzlich eine Oktave tiefer gepitcht und dem LFE zugeführt.

Fünf unterschiedliche Stereo-Hallprogramme kamen zum Einsatz. Für den guten räumlichen Eindruck sorgten zwei dieser Hallprogramme; eins für die vorderen und ein weiteres für die hinteren Signale. Hierdurch war es möglich, Raumanteile für vorn, beziehungsweise hinten getrennt zu steuern. Die Stimme wurde außerdem durch einen kurzen Raum unterstützt. Wie bereits erwähnt, fand ein weiterer Hall bei der Refrain-Gitarre Verwendung. Ein Letzter kam für die hinteren Gitarren zum Einsatz.

Letztlich galt es, aus 40 Audiospuren - zuzüglich der fünf Hallprogramme - eine stimmige Mischung für jeden Abhörraum anzufertigen.

Vorgehensweise bei der Erstellung der Mischungen | 9.5

Nun möchte ich schrittweise auf die Erstellung der Mischungen eingehen. Am Anfang eines jeden Projektes geht es erst einmal darum, die DAW (Digital Audio Workstation) und das Mischpult einzurichten. Ich habe auf Basis der Referenz-Mischung eine eigene ProTools Session für die Realiser-Mixe angelegt. Beim Mischpult griff ich ebenfalls auf den Snapshot dieser Mischung zurück, welcher allerdings komplett gennullt wurde. Lediglich die Kanalbezeichnung sowie das Routing blieben bestehen. Ausgehend davon erstellte ich mir einen neuen Snapshot, der mir als Preset für meine Mixe diene.

Der Realiser wurde mittels einer Surround-Gruppe eingebunden. Hierdurch konnte ich den Ausgangspegel für die unsymmetrischen Eingänge des Realisers anpassen, ohne den Lautstärkepegel am Master zu beeinflussen. Außerdem ermöglichte die Panoramaeinstellung der Surround-Gruppe, eventuelle Balancefehler der Messung zu korrigieren. Sämtliche Routing-Einstellungen des Masterausganges wurden auf die Gruppe übertragen.

Jede Mischung sollte sich aus den gleichen Signalen zusammensetzen. Das heißt, es wurde nichts weiter editiert und sämtliche Plug-ins - sofern nicht Filter oder Regelverstärker - blieben unverändert. Ebenso habe ich keine Veränderung an den Hallprogrammen vorgenommen. Lediglich am Transient Designer wurden die Einstellungen neu angepasst.

Alle hörbaren Unterschiede resultieren folglich nur aus einem anderen Umgang mit Filtern, Regelverstärkern, Lautstärkebalancen und Hallanteilen. Die Panoramaverteilungen wurden jedes Mal per Gehör neu eingestellt; immer unter der Voraussetzung der gleichen Klangvorstellung.

Wie zuvor schon erläutert, wurden die Mischungen schrittweise bearbeitet, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Zunächst ging es darum, den Grundklang jeder Mischung entsprechend des

simulierten Abhörtraums zu finden. Waren alle Mixe in etwa auf dem gleichen Stand, begann ich mit Automationsvorgängen. Hierbei sollten sowohl Lautstärkeverhältnisse, als auch Panorama- und Filtereinstellungen über die Zeit ständig neu angepasst werden. Anschließend habe ich mich der Wirkung von Effekten, zum Beispiel Anfang und Ende des Stückes, sowie mit letzten klanglichen Nuancen beschäftigt. Darauf folgte eine Art Mastering, in dem ich indes keinerlei Einfluss auf Lautstärke und Lautheit genommen habe. Ziel war es, jeden der sechs Kanäle spektral anzupassen, indem eventuelle Resonanzen oder eine Überbetonung eines Frequenzbereiches ausgeglichen werden sollten, um letztlich einen stimmigen Gesamtklang zu erreichen.

Während des Entstehungsprozesses der vier Realiser Mischungen griff ich gelegentlich auf meine Referenz-Mischung zurück, um mich klanglich zu orientieren.

Ist ein Tonschaffender nicht mit den akustischen Gegebenheiten eines Abhörraums vertraut, möchte er diesen zunächst unter Zuhilfenahme von vertrauten Aufnahmen kennenlernen. Mir ging es ähnlich. Ich kenne die Regie der HdM zwar gut, aber durch den Realiser befand ich mich plötzlich in einer vollkommen anderen Hörumgebung. Anfänglich war das aufgrund der veränderten auditiven Wahrnehmung etwas verwirrend, da der visuelle Eindruck weiterhin bestehen blieb. Nach einer Weile hatte ich mich allerdings daran gewöhnt. Dennoch ist es unrealistisch, sich im gleichen Raum ständig in einer anderen glaubhaften Hörumgebung wieder zu finden. Dieser akustische Überlistungsversuch ruft durchaus ein gewisses Misstrauen hervor.

Effekte beim Mischen | 10.2

Nachdem ich mich in der ersten Raumsimulation eingehört hatte, ging es an die Mischung. So banal es klingen mag, zu Beginn musste ich mich erst einmal mit dem Kopfhörer und dessen Kabel organisieren, so dass ich nicht behindert wurde und die nötige Bewegungsfreiheit hatte. Als ich schließlich anfang, entschied ich mich recht schnell, ohne den Head-Tracker zu arbeiten. Für eine realitätsnahe Simulation ist das Mitfahren des Klangbilds durchaus von Vorteil, beim Mischen wiederum hinderlich. Da der Tracker auf jede Kopfbewegung reagiert, ist man gezwungen den Kopf ruhig zu halten, weil sonst das Signal zwischen den Lautsprechern springt. Bei einem fertigen Mix fällt das nicht besonders auf, möchte man aber ein einzelnes Signal prüfen, sorgt das für Irritationen. Zum Beispiel würde die Snare - die generell über den Center wiedergegeben wird - bei einer Kopfbewegung nach links, sowohl über den Center als auch über den linken Lautsprecher zu hören sein. Man möchte das Signal aber an einer stabilen Position haben und da während einer Mischung der Kopf, aber auch der gesamte Körper ständig in Bewegung sind, ist die Verwendung des Head-Trackers in dem Falle ungünstig.

Ironischerweise empfand ich die starre, akustische Umgebung (Head-Tracking soll dies verhindern!) beim Mischen als großen Zugewinn, denn ich war dadurch nicht mehr an einen Sweet-Spot gebunden. Da Surround-Mischungen üblicherweise über Lautsprecher angefertigt werden, ist die Bewegungsfreiheit hierbei, besonders des kleinen Sweet-Spots wegen, eingeschränkt. Man ist bestrebt, sämtliche Klangeinstellungen von der optimalen Position aus zu tätigen. Oftmals ist dies, wie zum Beispiel beim Einstellen von Outboard-Equipment, gar nicht möglich. Ein ähnliches Problem tritt beim Studer Pult an der HdM auf. Der optimale Abhörpunkt befindet sich vor der Monitoreinheit des Mischpults. Trotz der individuellen Belegung der Fader muss man sich stets

etwas noch links oder recht lehnen, um die Bedienelemente zu erreichen. Mit dem Kopfhörer hingegen konnte ich ohne Einschränkungen die volle Länge des Mischpults nutzen und saß selbst beim Bedienen der DAW oder des Outboard-Equipment im Sweet Spot. Eine klanglich statische Umgebung ist demnach doch manchmal von Vorteil. Andererseits kann es speziell bei einer Surround-Mischung auch schnell zum Orientierungsverlust kommen. Wenn ich bei einem Mix besonders vertieft war, wunderte ich mich manchmal, weshalb ein Signal - trotz meiner Bewegung im Raum - immer gleich klang oder plötzlich seitlich im 90°-Winkel zu kommen schien, obwohl sich dort kein Lautsprecher befand. In einem solchen Fall musste ich mir wieder neu ins Bewusstsein rufen, dass ich über einen Kopfhörer in einem virtuellen Abhörraum mische. Vornehmlich während der ersten Mischungen fand ich mich recht häufig in dieser Situation wieder. Mit der Zeit hatte ich mich aber größtenteils daran gewöhnt, wenn auch nicht vollends.

Ich hörte mich zwar in den jeweiligen simulierten Raum ein, allerdings besteht dennoch ein Unterschied zwischen dem analytischen Hören einer fertigen Mischung und der Beurteilung und Bearbeitung einzelner Signale. Folglich musste ich mich erst an den neuen virtuellen Abhörraum gewöhnen und herausfinden, inwiefern dieser auf Veränderungen von Signalen reagiert. Anfänglich war ich vor allem damit beschäftigt, die Interaktionsfähigkeiten zwischen Simulation und Anwendungen, wie Panoramaeinstellungen, Filtern, Kompressoren und Ähnlichem auszuprobieren. Es war interessant festzustellen, wie verschiedenartig die einzelnen Abhörräume darauf ansprachen; besonders der Umgang mit Panoramaeinstellungen differierte. Hierbei traten vor allem Lokalisationsunterschiede bei den Surround-Kanälen auf, Center und LFE wurden oft verschieden präsent wiedergegeben.

Schließlich fiel mir auf, dass ich die visuellen Signalkontrollen des RTW viel stärker in meine Mischarbeit integrierte, als dies sonst üblich ist. Beim Filtern, bei der Positionierung der Instrumente oder der Signalverteilung (beispielsweise der Bassdrum zwischen links und rechts, Center und LFE) achtete ich wesentlich mehr auf die Anzeige des RTW. Da ich diesen normalerweise selten in meinen Mischentscheidungen berücksichtigte, hatte ich scheinbar nach einer visuellen Bestätigung des Gehörten gesucht. Kam es zwischen meinem Höreindruck und der Anzeige des RTW zu einer Diskrepanz, habe ich mich anfänglich im Zweifelsfall oft für das Gesehene, statt für das Gehörte entschieden. Als Beispiel sind hier die Signalanteile vom Bass zu nennen, die in den LFE geschickt wurden: Ich konnte visuell zwar einen hohen Pegel am LFE erkennen, hörte davon allerdings nicht viel; dennoch nahm ich keine Änderung vor. Je länger ich mit einer Messung arbeitete, um so mehr Sicherheit bekam ich im Umgang mit ihr. Bei besonders kritischen Fragen zog ich gelegentlich auch eine andere Messung und die Lautsprecher in der Regie hinzu. Da es jedoch oftmals um Feinheiten ging, half mir diese Verfahrensweise nur geringfügig. Ich musste mich also auf die Simulation als Referenz verlassen und die bestmögliche, klangliche Lösung finden.

Ich habe schon oft erwähnt, dass die Mischungen klanglich sehr verschieden ausgefallen sind, obwohl eine größtmögliche Ähnlichkeit angestrebt wurde. In diesem Kapitel möchte ich aufzeigen, wie unterschiedlich ich mit den Signalen umgegangen bin. Mir fiel auf, dass besonders die Gitarren uneinheitlich klingen. Da insbesondere der Refrain durch deren Sound geprägt ist, soll am Beispiel der linken Refrain-Gitarre aufgezeigt werden, wie verschieden diese bei den einzelnen Mischungen gefiltert wurden. Die Filtereinstellungen für das linke und rechte Gitarren-Signal unterscheiden sich geringfügig, wobei ich mich immer auf das linke Signal beziehen werde. Zusätzlich zu der grafischen Darstellung der Equalizer-Einstellung (EQ) und dem dazugehörigen Kurvenverlauf (rot), sind des Weiteren Panorama- (gelb) sowie Dynamikeinstellungen (grün) sichtbar. Auf diese werde ich jedoch nicht gesondert eingehen. Die jeweiligen Gitarren-Sounds sind im Anhang beigelegt.

Gitarre HdM-Referenz | 10.3.1

Die Refrain Gitarre der HdM-Referenz-Mischung besteht durch einen eher dunkleren Sound. Besonders die Anhebung der 562Hz ist für diesen Eindruck verantwortlich. Im oberen Frequenzbereich nahm ich nur geringfügige Änderungen vor. Der Notchfilter wurde eingesetzt, um ein unangenehmes Scheppern der Gitarre zu verhindern.

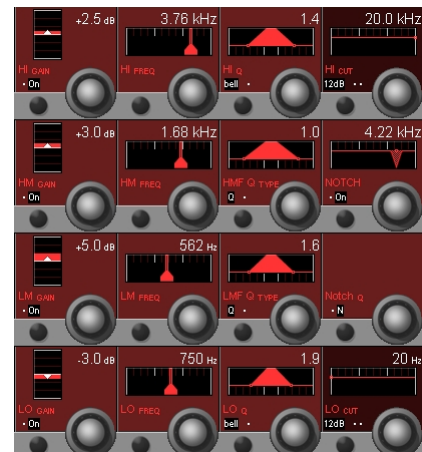
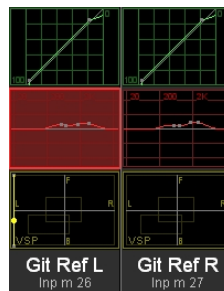


Abb. 10-1: EQ-Darstellung Refrain Gitarre, HdM Referenz Mischung

Gitarre HdM-Smyth | 10.3.2

Bei der HdM-Smyth-Mischung ist der Gitarrenklang sehr mittenbetont. Im Vergleich zum Referenz-Mix klingt die Gitarre etwas schrill und aufdringlich, was an der Betonung der 3.35kHz liegt. Im Gesamten ist ein deutlicher Unterschied zur Referenz-Mischung zu hören.

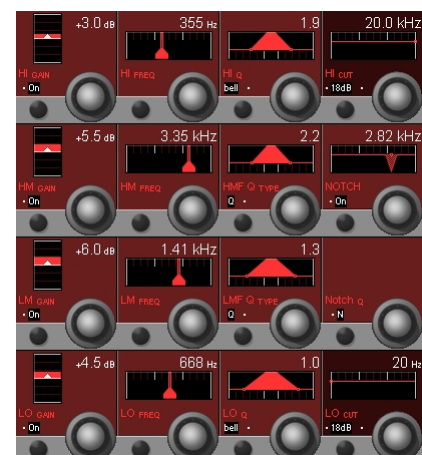
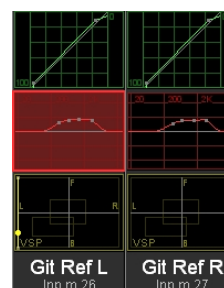


Abb. 10-2: EQ-Darstellung Refrain Gitarre, HdM Smyth Mischung

Gitarre Bauer-Studios | 10.3.3

Der Gitarren-Sound der Bauer-Mischung ist vergleichsweise aggressiv, wobei besonders die starke Betonung der 3kHz diesen Eindruck hervorruft. Im Allgemeinen klingt die Gitarre sehr ausgewogen. Im Mix bindet sie sich wiederum gut ein und sticht nicht sonderlich hervor. Für sich betrachtet, gefällt mir der Sound der Gitarre hier jedoch am besten.

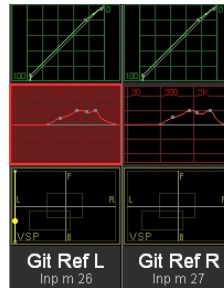
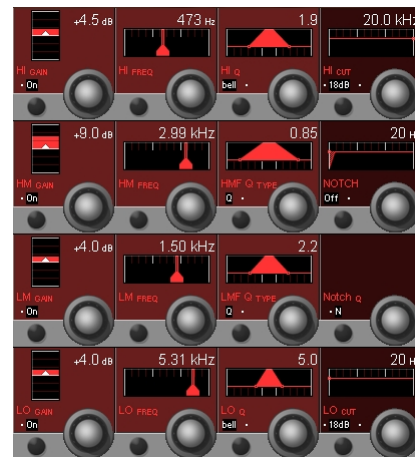


Abb. 10-3: EQ-Darstellung Refrain Gitarre, Bauer Mischung



Gitarre Mertens Audio | 10.3.4

Beim Mertens-Mix ist die Gitarre sehr mittenbetont. Dieser Eindruck wird auch durch einen Blick auf den EQ bestätigt. Besonders bei 2kHz erfährt sie eine starke, breitbandige Anhebung. Auch wird bei 6.31kHz mit einem schmalen Filter noch ein Akzent gesetzt. Im Mix setzt sich die Gitarre gut durch und bestimmt das Klangbild des Refrains.

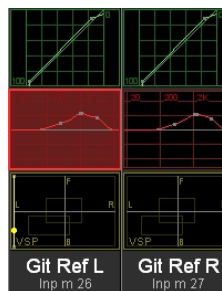
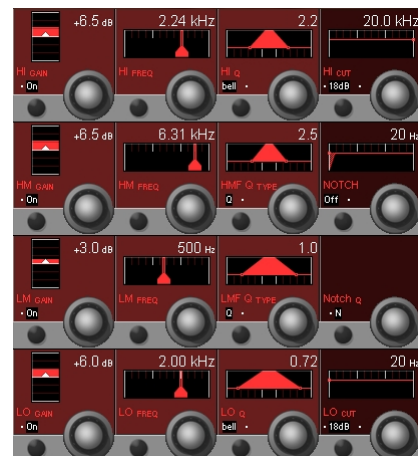


Abb. 10-4: EQ-Darstellung Refrain Gitarre, Mertens Mischung



Gitarre IMM | 10.3.5

Die EQ-Einstellung bei der Gitarre in der IMM-Mischung wird besonders von der breiten Pegelanhebung bei 1.63kHz bestimmt. Hierdurch bekommt die Gitarre eine gewisse Härte und klingt aggressiv. Jedoch erhält sie durch die starke Betonung eine klangliche „Beule“. Auch im oberen Frequenzbereich ist durch die Anhebung von 7.50kHz ein Akzent zu hören.

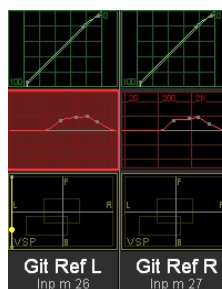
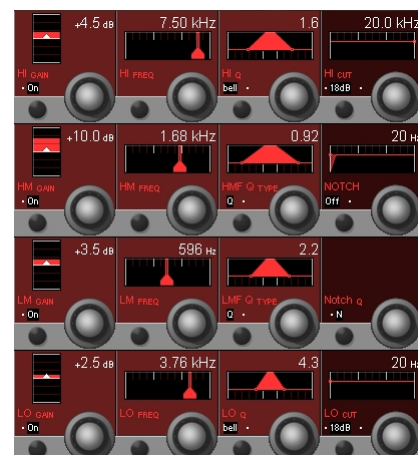


Abb. 10-5: EQ-Darstellung Refrain Gitarre, IMM Mischungen



Meine erste Mischung habe ich mit der Simulation des Abhörraums von Mertens Audio Engineering durchgeführt. Wie bereits erwähnt, wies diese Messung ein Balanceproblem auf, dass sich in einer leichten Überbetonung des linken Front- (ca. +1,5dB), sowie des linken Surround-Kanals (ca. +3dB) äußerte. Da ich mir diesem Ungleichgewicht bewusst war, achtete ich besonders darauf. Beim Anfertigen der Mischung galt es nun also, diesen Fehler beizubehalten, um ihn nicht auf den Mix zu übertragen.

Anfänglich kalkulierte ich diese Schwäche mit ein, was sich allerdings als sehr schwierig gestaltete. Ich ertappte mich gelegentlich dabei, eine Art Kompromisslösung finden zu wollen. Mit dieser Verfahrensweise hätte sich der Fehler aber auf die Simulation und die Mischung verteilt. Das Problem hierbei ist, dass ich beim Anfertigen eines Mixes meine Klangvorstellung bestmöglich verwirklichen wollte. Denn gibt es im Wiedergabesystem einen Abbildungsfehler - welcher Art auch immer - wird man für gewöhnlich im Mix darauf reagieren wollen. Im Endeffekt findet man die Invertierung des Fehlers aber in seiner Mischung wieder. So ist es mir auch ergangen. Ich war mit dem Mix über die Simulation sehr zufrieden, als ich dann aber interessehalber über Lautsprecher hörte, bot sich mir ein recht verschobenes Klangbild. Aus diesem Grund, sowie klanglicher Bedenken wegen, habe ich ihn letztlich verworfen und begann nochmals von vorn.

Um diesen Effekt entgegen zu wirken, habe ich die mir bekannten Schwächen jeder Messung mittels Korrektur in der Surround-Gruppe beseitigt. Da diese Gruppe nur die Signale für den Realiser ausgibt, wurden die Mischungen nicht beeinflusst.

Umgang mit Messungen | 10.5

Obwohl mir meist mehrere Messungen einer Tonregie zur Verfügung standen, hatte ich mich zum Anfertigen der Mischungen auf eine Bestimmte festgelegt. Dieser Umstand ist damit zu begründen, dass es ein paar klangliche Unterschiede zwischen den Messungen des gleichen Raums gab. Ein Wechsel der Simulation hätte - um die Veränderung des Wiedergabesystems auszugleichen - zu einer Beeinflussung der Mischung geführt. Ein kurzes Gegenhören kann allerdings ganz sinnvoll sein um zu prüfen, wie repräsentativ der Mix für den Raum ist.

Weitaus spannender war es jedoch, sich die gleiche Mischung in den verschiedenen virtuellen Abhörräumen anzuhören. Jeder Raum besitzt zusammen mit seinen Lautsprechern eine Art individuellen Klang, den der Realiser neben der HRTF einfängt. Bei mehreren Messungen der gleichen Person in verschiedenen Räumen bleibt die HRTF stets konstant, die klanglichen Unterschiede der Messungen resultieren folglich aus den Eigenschaften von Raum und

Lautsprecher in der jeweiligen Tonregie. Diese Unterschiede wurden besonders deutlich, als ich mir die Referenz-Mischung in jeder der vier Simulationen anhörte. Teilweise fielen die klanglichen Differenzen so drastisch aus, dass ich der Meinung war, es lässt sich keine Mischung anfertigen, die in allen Räumen funktioniert. Anfänglich dachte ich, es sei hilfreich, sich einen Mix schon während der Mischung in verschiedenen Simulationen anhören zu können. Aufgrund der großen Differenzen der Räume, wurde ich jedoch verunsichert und stellte meine Mischung in Frage. Die Bemühungen einen Kompromiss zu finden führten dazu, dass der Mix deutlich an Qualität verlor und dennoch keine Kompatibilität bezüglich der Räume erreicht wurde. Um mich also nicht zu sehr beeinflussen zu lassen, entschied ich mich, den jeweiligen Mix ausschließlich über die Simulation der entsprechenden Tonregie abzuhören. Es ist üblich, in einer Tonregie mehrere Lautsprecher zu haben (um etwa zu überprüfen, wie eine Mischung auf einer guten HiFi-Anlage klingt oder ob sie auch für ein kleines Küchenradio kompatibel ist). Die daraus gewonnenen Klangeindrücke lassen sich aber besser einzuschätzen, da jeweils der gleiche Raum durch andere Lautsprecher angeregt wird. Demzufolge geht es darum, die klanglichen Variablen der Lautsprecher auszugleichen, nicht aber den komplexen Klang eines ganzen Abhörraums. In einem weit fortgeschrittenen Stadium einer Mischung kann ein Vergleich mehrerer virtueller Abhörräume aber durchaus sinnvoll sein, da viele grundlegenden, klangliche Entscheidungen bereits getroffen wurden.

Es erwies sich auch als problematisch, wenn ich von der Arbeit an einer Mischung unmittelbar zu einer anderen Mischung wechselte. Da sich mit diesem Wechsel auch der virtuelle Abhörraum ändert, kam es zu ähnlichen Schwierigkeiten: Bei jeder Mischung entwickelte ich eine Art Klangideal für den Abhörraum. Wollte ich anschließend an einer anderen Mischung in einem anderen Abhörraum weiterarbeiten, bestand jedoch noch das alte Klangideal. Demnach hätte ich wahrscheinlich den Mix so verändert, dass er dem Klangideal des vorangegangenen Raums entspräche. Folglich würde er dann nicht mehr zu seinem eigentlichen Abhörraum passen. In solchen Fällen benötigte ich immer eine längere Pause, um meinem Klangideal einen „Reset“ zu unterziehen.

Die eigentliche Ursache dieser Problematik ist darin begründet, dass eine veränderte Hörumgebung, ohne dass eine Ortsänderung stattgefunden hat, nicht der Realität entspricht. Denn normalerweise ist eine andere akustische Wahrnehmung auch immer mit einem veränderten Eindruck der Lokalität verbunden. Mit dem Realiser lässt sich allerdings nach Belieben die Hörumgebung an einem Ort verändern. Dieser Umstand kann zu Verwirrung führen und man benötigt etwas Zeit, um in einem anderen, virtuellen Abhörraum weiter zu arbeiten. Interessant gestaltete sich zudem die Beobachtung, wie die einzelnen Mischungen untereinander agieren. Obwohl ich an einem Tag nicht an zwei verschiedenen Mischungen arbeitete, hatte ich dennoch oftmals einen anderen Klang im Ohr.

Die Unterschiede bei der Bearbeitung der verschiedenen Mischungen lassen vermuten, dass diese klanglich doch sehr different ausgefallen sind. Bevor ich allerdings auf die Vergleichbarkeit der Mischungen untereinander eingehe, möchte ich erläutern, wie die Realiser-Mischungen in dem realen Abhörraum abschnitten. Hierbei werde ich zunächst jeden Vergleich einzeln auswerten, um am Ende ein Fazit zu ziehen.

Gegenüberstellung | 11.1

Ziel der Gegenüberstellung war es, eine Mischung, die mit Hilfe einer Simulation eines realen Raums - einem so genannten „virtuellen Abhörraum“ - erstellt wurde, im Selbigen zu bewerten. Da ich alle Details der Mischung kannte, sollte ein unabhängiger Tonmeister/Toningenieur beurteilen, ob der Mix professionellen Anforderungen Stand hält.

Wie bereits erwähnt, war es in den meisten Tonregien nicht möglich, einen Vergleichsmix über Lautsprecher anzufertigen. Aus diesem Grund diente die überarbeitete Referenz-Mischung als Vergleichs Mix und klangliche Orientierung. Lediglich in der HdM konnte ein direkter A/B-Vergleich zwischen Realiser- und Lautsprecher-Mix durchgeführt werden. Als Lautsprecher-Mix wurde ebenfalls die überarbeitete Referenz-Mischung verwendet.

Um die Einschätzung frei von Vorurteilen abgeben zu können, wurde stets ein Blindvergleich angestrebt. Dieser sah wie folgt aus: Zuerst spielte ich den Realiser-Mix vor und bat um eine Beurteilung der Mischqualität (gab es Auffälligkeiten, klangliche Aspekte, Ähnliches). Anschließend ließ ich die Referenz-Mischung vorspielen, wobei auch hier eine Einschätzung abgegeben werden sollte. Da die jeweiligen Personen keine Kenntnis darüber besaßen, auf welche Art ich die Versionen angefertigt hatte, sollten sie anschließend beurteilen, welche Mischung mittels Lautsprecher und welche mit Hilfe des Realisers erstellt wurde. Darüber hinaus äußerten sie sich bezüglich des besseren Mixes.

Bevor ich mir jedoch die entsprechende Mischung in dem jeweiligen Regieraum angehört hatte, verschaffte ich mir mit dem Realiser einen Eindruck, um letztlich abzuschätzen, inwieweit dieser Eindruck in dem realen Raum bestätigt wird.

Zusätzlich habe ich für den jeweiligen Raum das Stereo-Signal des Realisers aufgenommen. Das entspricht dem Signal, das der Realiser am Kopfhörerausgang ausgibt. Somit benötigte ich nicht mehr das Gerät um eine Mischung anzuhören. Da das Stereo-Signal aufgenommen wurde, sind keine Veränderungen mehr möglich. Im Folgenden wird dieses als „Realiser-Signal“ bezeichnet.

In den Bauer Studios fand die erste Gegenüberstellung statt, allerdings ohne Blindvergleich. Wie schon bei der Einmessung stand mir Diplom-Tonmeister Daniel Keinath mit seinen Ohren zur Verfügung, um die fertigen Mischungen zu beurteilen. Er ist mit den klanglichen Eigenschaften der Tonregie gut vertraut.

In diesem Fall wurde zuerst die Referenz-Mischung angespielt. Die Kritikpunkte, die Herr Keinath bei diesem Mix äußerte, bezogen sich vorrangig auf den Umgang mit den Surround-Kanälen. Zum Einen waren diese etwas überladen; sprich, es gibt zu viel Aktion und zu viele Effekte in den hinteren Lautsprechern. Zum Anderen bemängelte er die Lautstärke der Signale, 3dB weniger wären seiner Meinung nach ausreichend gewesen. Hinzu kam, dass die Gitarren, die primär aus den Surround-Lautsprechern kamen, phasig klangen. Obwohl die Stimme auch deutlich zu leise war, kippte das Klangbild nicht nach hinten. Positiv äußerte er sich hingegen zum Klang und der räumlichen Abbildung des Schlagzeugs.

Anschließend hörten wir die Mischung, die ich über den Realiser in der Simulation der Bauer Studios erstellte. Diese gefiel ihm deutlich besser. Besonders die etwas zurückhaltenderen Surround-Kanäle, sowie die weniger hervorstechenden Gitarren empfand er als angenehmer. Die Stimme war präsenter, allerdings teilweise ein wenig zu leise. Grundsätzlich wirkte der Mix auf ihn etwas dumpfer und merklich tiefenbetonter als die Referenz-Mischung. Die mittels Realiser im virtuellen Abhörraum angefertigte Mischung beurteilte er als insgesamt besser gelungen.

Dies entspricht auch meiner Meinung und bestätigte den Eindruck, den ich zuvor bereits über den Realiser gewonnen hatte. Schon im simulierten Abhörraum der Bauer Studios wies die Referenz-Mischung deutliche Schwächen auf und schien nicht besonders kompatibel mit dieser Regie zu sein. Speziell der phasige Sound der Gitarren, wie auch die zu penetrante Orgel sind dafür verantwortlich. Zudem fiel mir auf, dass bei der Wiedergabe der „Bauer-Mischung“ in der Bauer Tonregie, die tiefen Frequenzen eine starke Überbetonung aufwiesen; der Bassanteil war grenzwertig. Wird die „Bauer-Mischung“ in einem anderen Raum abgehört, kann man feststellen, dass der Center-Kanal deutlich zu laut ist. Für einen ausgewogenen Gesamtklang muss der Pegel des Centers um ca. 5dB reduziert werden. Dies lässt sich zum Einen auf ein Fehler bei der Einmessung zurückführen, zum Anderen – wie bereits zuvor erwähnt - auf eine leichte Tendenz des Raumes, den Center geringfügig leiser wiederzugeben. Der phasige Gitarren-Sound könnte auf die spezielle Anordnung der Surround-Lautsprecher bei den Bauer Studios zurück zu führen sein, da in keiner anderen Tonregie ein ähnlicher Effekt auftrat. Mit absoluter Sicherheit kann ich das jedoch nicht sagen.

Bei Mertens Audio Engineering wurde die Mischung von Toningenieur Manuel Fischer beurteilt. Er arbeitet täglich in der dortigen Tonregie und ist somit bestens mit deren Klang vertraut. Hier fand der zuvor erwähnte Blindvergleich statt. Zuerst ging es darum, die Realiser-Mischung zu bewerten. Positiv äußerte er sich über den Dynamiksprung zwischen Strophe und Refrain, sowie den Umgang mit Surround-Signalen und Effekten. Als Kritikpunkt merkte er an, dass sich die Stimme nicht genügend durchsetzt, und es der Solo-Gitarre an Präsenz fehlt. Anschließend spielte ich ihm die Referenz-Mischung vor. Diese klang seiner Meinung nach insgesamt nicht sehr ausgewogen und präzise. Besonders die Gitarren waren sehr penetrant und wurden zu übertrieben eingesetzt. Letztlich konnte ihn die Mischung nicht überzeugen.

Auf die Frage, welcher Mix seines Erachtens nach mit dem Realiser angefertigt wurde, entschied er sich interessanterweise für die zweite Mischung. Begründet hat er seine Entscheidung damit, dass die zweite Mischung nicht so gut gelungen sei wie die erste. Diesen Entschluss stützte er auf die Vermutung, dass der schlechtere Mix mit dem Realiser erstellt wurde. Im Endeffekt erwies sich diese These als falsch. Die Mischung, die mit Hilfe des virtuellen Abhörraums gemischt wurde, ist in dem Fall die Bessere.

Die Realiser-Mischung ist auch meiner Meinung nach die Passendere für diesen Raum und so kann ich Manuel Fischer in den meisten Punkten zustimmen. Um die Unterschiede zwischen realem Raum und Simulation zu ermitteln, habe ich den Realiser-Mix einmal über Lautsprecher und das Realiser-Signal einmal über Kopfhörer miteinander verglichen. Dabei fiel auf, dass der Center im realen Raum ca. 3db leiser war als im Realiser-Signal. Folglich musste es sich um einen Fehler in der Messung handeln. Als ich diesen in der Mischung korrigierte, hatten sowohl die Stimme als auch die Sologitarre die zuvor kritisierte Präsenz.

Tonregie 4 – Institut für Musik und Medien Düsseldorf | 11.1.3

Im Institut für Musik und Medien beurteilte der Toningenieur-Student Marcus Reineboth die Mischungen. Er ist zuständiger Tutor für die Tonregie und ist deshalb sehr gut mit deren klanglichen Gegebenheiten vertraut. Zuerst ließ ich ihn die Realiser-Mischung hören. Er beurteilte diese als gut und klanglich ausgewogen. Einige Kritikpunkte ließen sich dennoch ausmachen. So geriet seiner Meinung nach die Stimme anfänglich ein wenig in den Hintergrund. Außerdem fehlte es der Snare zeitweise an Energie, weshalb sie unterschiedlich wahrgenommen wurde. Die Surround-Kanäle empfand er sowohl am Anfang, wie auch am Ende des Stückes als zu laut.

Anschließend folgte die Beurteilung der Referenz-Mischung. Hierbei hob er die bessere Einbindung der Stimme hervor. Ansonsten bemerkte er vor allem bei den Gitarren eine Färbung in den

mittleren Frequenzen, wodurch diese quietschig und drucklos wirkten. Besonders auffällig äußerte sich das bei der Sologitarre. Im Vergleich zur Realiser-Mischung beurteilte er den Umgang mit den Surround-Kanälen als weniger eindrucksvoll, weshalb hier ein bisschen Räumlichkeit und Spannung verloren gingen. Auch die Effekte wirkten anders.

Insgesamt überzeugte ihn sowohl klanglich, als auch durch die Effekte, die erste Mischung mehr. Seiner Meinung zufolge wurde diese also über Lautsprecher angefertigt und der zweite Mix demnach mit Hilfe des Realisers. Er ging ebenfalls davon aus, dass die bessere Mischung über Lautsprecher erzeugt wurde. Jedoch ist es auch in dem Fall genau umgekehrt.

Ich empfand den Realiser-Mix gleichermaßen als sehr effektlastig, was vor allem an den lauten Surround-Kanälen liegt. Auch ging hiermit eine gewisse Aggressivität einher. Die Gitarren passen klanglich gut zum Charakter des Raums. Die Referenz-Mischung wirkt vergleichsweise zahm; die Effekte sind wenig ausgeprägt, der Dynamiksprung zwischen Strophe und Refrain ist geringer und die Gitarren stechen weniger heraus, haben allerdings eine unangenehme Färbung.

A Regie – Hochschule der Medien Stuttgart | 11.1.4

In der HdM fand wohl die größte Bewährungsprobe des Realiser statt, der direkte Vergleich. Die Mischungen sollten unabhängig voneinander von Professor Oliver Curdt und Diplom-Ingenieur Heiko Schulz bewertet werden. Zuerst spielte ich den im virtuellen Abhörraum erzeugten Realiser-Mix vor. Die Mischung wurde mit gut, beziehungsweise „OK“ beurteilt. Diese Einschätzung basiert vor allem auf dem Klang der Stimme. Diese ist nicht präsent genug und rutscht aufgrund eines zu hohen Hallanteils zeitweise zu weit nach hinten. Zudem ist der Mix etwas zu tiefenbetont und das Nachscheppern der Snare ist störend. Positiv hervorgehoben wurde der Umgang mit den Surround-Elementen sowie deren Effektwirkung; es entstand ein glaubhafter Raumeindruck.

Die Referenz-Mischung hat beiden Bewertern deutlich besser gefallen. Der Gesang steht immer im Vordergrund und kann zusammen mit dem Hall überzeugen. Das Schlagzeug ist in sich stimmig und harmonisiert gut mit dem Bass. Auch der Tiefbass-Anteil ist gut gewählt. Insgesamt wirkt der Mix kompakter und fängt den Charakter des Songs sehr gut ein.

Sowohl Herr Curdt als auch Herr Schulz erkannten, dass die erste Mischung mit dem Realiser erzeugt wurde. Herr Curdt beschrieb den Mix als gutes Studioprodukt mit einigen Schwächen. Besonders der Gesang stellt für Herrn Schulz ein Problem dar, weshalb die Mischung seiner Meinung nach nur mit Abstrichen funktioniert.

Auch für mich gilt die Stimme als die größte Schwäche. Darüber hinaus klingt der Mix im realen Raum wesentlich dumpfer und zu tiefenbetont. Meines Erachtens nach ist die Referenz-Mischung im Gesamten deutlich stärker zu bewerten als der Realiser-Mix; vor allem Feinheiten sind in der Referenz-Mischung wesentlich präziser herausgearbeitet.

Abschließend galt es zu ermitteln, wie ähnlich die Mischungen letztlich ausfielen und ob eine Vergleichbarkeit demnach überhaupt möglich war. Wie bereits aufgezeigt, gab es erhebliche Unterschiede im Umgang mit den einzelnen Signalen, besonders bei der Verwendung von Filtern. Dieser Umstand ist auf die individuellen Abhörbedingungen (klangliche Eigenschaften des Abhörraums, Charakteristik der Lautsprecher) der Produktion zurückzuführen.

In der HdM führte ich einen Vergleich aller Mischungen durch. Bei der Mertens-Mischung bestätigte es sich, dass eine Anhebung des Center-Kanals um ca. 3dB für einen ausgewogenen Klang erforderlich ist. Im Fall des Bauer-Mixes hingegen erwies sich die Reduzierung des Center-Kanals um etwa 5dB als notwendig, um ein stimmiges Verhältnis der Kanäle untereinander zu erreichen. Außerdem fiel auf, dass jeder Mix seine ganz speziellen Eigenheiten besitzt, eine Art klanglichen Stempel, der den individuellen Abhörbedingungen geschuldet ist. Somit fielen die Unterschiede teilweise sehr deutlich aus, hielten sich jedoch in einem gewissen Rahmen. Heiko Schulz beschrieb die Mischungen als durchaus plausibel, und merkte an, dass die meisten klanglichen Eigenheiten beim Mastering kompensiert werden würden. Auch Oliver Curdt verwies auf eine einheitliche Idee der Mischungen, die jedoch auf die spezifischen Gegebenheiten der jeweiligen Tonregie angepasst wurden.

Zusätzlich zum Vergleich in der A Regie der HdM wollte ich alle Mix in einem „neutralen“ Raum hören, also in einem realen Abhörraum, in dem keine der Mischungen entstand und idealerweise auch keine zuvor benutzten Lautsprecher verwendet wurden. Dieses Vorhaben ließ sich in der Tonregie des Pratika-Saals der Robert-Schumann Musikhochschule in Düsseldorf realisieren. Dort ist eine ME Geithain RL 922K 5.1 Abhöre mit einem Basis 13K Subwoofer (ebenfalls von Geithain) installiert. Außerdem fand ein weiterer Vergleich in der Tonregie B des MW-Tonstudios an der HdM statt. Dieser Abhörraum bot sich an, um die Mischungen mit einem kleinen Lautsprecher-Setup wiederzugeben, da hier eine 5.1 Abhöre mittels Genelec 8020B, sowie ein Nubert DSW-500 Subwoofer zur Verfügung standen.

In beiden Räumen waren auch Unterschiede zwischen den Mischungen zu hören, allerdings fielen diese weniger eindeutig auf als etwa in der A Regie der HdM. Zudem bestätigte sich, dass im Gesamten ein ausgeglichener Höreindruck entstand und es schwieriger war, die Mischungen zu identifizieren. Im Endeffekt klang die über Lautsprecher angefertigte Referenz-Mischung in beiden Abhörräumen allerdings am besten.

Eine über den Smyth Realiser im virtuellen Abhörraum erzeugte Mischung kann durchaus einer professionellen Bewertung Stand halten. Die Erkenntnisse, die ich in den Bauer Studios, bei Mertens Audio Engineering und im Institut für Musik und Medien gewinnen konnte, bestätigten dies eindrücklich. Hierbei wurde immer die Mischung als besser empfunden, die sozusagen „Heimvorteil“ genoss – unabhängig davon, ob diese über Lautsprecher oder den Realiser gemischt wurde. Denn aufgrund der verschiedenen Eigenschaften von Raum und Lautsprecher können Mischungen sehr unterschiedlich ausfallen, so dass ein Mix, der in dem entsprechenden Raum gemacht wurde, auch dort am besten klingt. Folglich ist die Einflussnahme von raumspezifischen Klangmerkmalen nicht zu unterschätzen.

In zwei Beurteilungen kam es zu einer Fehleinschätzung bezüglich der Frage, auf welche Art der Mix erstellt wurde. In beiden Fällen hielten die Bewerter es für unwahrscheinlich, dass die bessere Mischung mit Hilfe des Realisers angefertigt wurde. Sie ordneten den schlechteren Mix bewusst dem Realiser zu. Daraus lässt sich schließen, dass der Realiser-Mix überzeugend genug klang, um für eine Lautsprechermischung gehalten zu werden.

Dieser Umstand lässt die Schlussfolgerung zu, dass ein im virtuellen Abhörraum gemischter Song sogar besser sein kann, als ein über Lautsprecher angefertigter Mix; allerdings nur unter der Prämisse, dass beide nicht in der gleichen Tonregie (virtuell und real) erstellt wurden. Denn findet nun ein direkter Vergleich dieser beiden Verfahren statt, führt das Arbeiten in der realen Tonregie zu einem besseren Ergebnis. Dieses Argument ist vor allem damit zu begründen, dass man auf keine Messung angewiesen ist. So gut die Simulation eines Abhörraums auch funktioniert, so schwierig ist es, diesen mit Hilfe von Impulsantworten 100% exakt einzumessen. Die individuelle HRTF einzufangen, ist sowohl die große Stärke des Realiser als auch eine empfindliche Schwachstelle. Ohne Zweifel führt die Verwendung der eigenen Außenohr-Übertragungsfunktion zu einer erstaunlich realitätsnahen Wiedergabe. Allerdings können schon kleine Ungenauigkeiten große Auswirkung haben.

Bei der reinen Musikwiedergabe fallen diese nicht besonders ins Gewicht. Es macht Spaß das räumliche Hören über einen Kopfhörer zu genießen. Möchte man jedoch unter professionellen Gesichtspunkten auf höchstem Niveau damit arbeiten, können kleine Messfehler einen bedeutenden Unterschied ausmachen. So ist mir aufgefallen, dass speziell die Präsenz des Centers Probleme verursacht. Mir ist es in keiner meiner Mischungen gelungen, die Stimme über den Center perfekt wiederzugeben. Weicht die Simulation nur um 1dB vom realen Raum ab, kann das letztendlich ausschlaggebend sein, ob der Gesang zu laut oder zu leise wahrgenommen wird. Mit dem LFE verhält es sich ähnlich. Aber da dessen Signale im Vergleich keine so hohe Relevanz

aufweisen, fällt das nicht allzu sehr ins Gewicht. Außerdem ist mir aufgefallen, dass die Messung tiefe und hohe Frequenzen nicht exakt einfängt. So sind in vielen meiner Simulationen die oberen Frequenzen zu spitz und geben tiefe Anteile zu schwach wieder. Letztlich tritt in der Mischung eine Invertierung dieser Fehler auf; in meinem Fall war das Ergebnis zu bassig und klang dumpf. Da bei einer Mischung jedes Signal einzeln beurteilt wird, kann sich ein kleiner Fehler in der Simulation im Laufe des Mixvorgangs summieren und somit entscheidenden Einfluss nehmen.

Hat man jedoch eine sehr gute Messung und schon einige Erfahrungen, lassen sich mit dem Realiser durchaus überzeugende Ergebnisse erzielen. Meiner Meinung nach wird eine Mischung, die in einem virtuellen Abhörraum erzeugt wurde, nicht ganz das Niveau einer Lautsprecher-Mischung erreichen, kann aber durchaus zu einem äußerst ansprechenden Resultat führen.

Der Realiser ist für eine Vielzahl von Anwendungsgebieten eine überaus gute Lösung, beispielsweise um einen flexiblen Arbeitsplatz zu schaffen, das Arbeiten im Übertragungswagen und beim mobilen Recording zu erleichtern oder auch um Jungunternehmern eine praktische Alternative zum Tonstudio zu bieten. Ich halte es jedoch für sinnvoll, Ergebnisse die mit dem Realiser erzeugt wurden, zur Kontrolle nochmals in einem guten Abhörraum gegenzuhören.

Zusammenfassend würde ich sagen, dass sich mit dem Smyth Realiser durchaus professionell arbeiten lässt und die somit erzielten Ergebnisse auch einer solchen Prüfung Stand halten. Mit den Qualitäten einer guten Tonregie kann der virtuelle Abhörraum allerdings nicht ganz mithalten. Er kann eine professionelle Arbeitsumgebung ergänzen und stellt auch zeitweise eine akzeptable Alternative dar, trotz allem lässt sich eine etablierte Regie nicht gänzlich ersetzen.

Danksagung | D

An dieser Stelle möchte ich mich für die vielseitige Unterstützung bedanken, die ich im Verlauf meiner Bachelorarbeit von mehreren Seiten erfahren durfte.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Prof. Oliver Curdt und Dipl.-Ing. (FH) Heiko Schulz für Anregungen und Unterstützung in jeglicher Form.

Ein großes Dankeschön geht an Mike Smyth von der Firma Smyth Research für die Bereitstellung des Smyth Realisers A8, sowie für sämtliche Hinweise und Support im Zusammenhang mit dem Gerät. In der Beziehung möchte ich mich ebenfalls bei Dipl. Ing. Thomas Jansen von Audio Import bedanken, der mir immer als Ansprechpartner bezüglich des Realiser zur Verfügung stand.

Herzlicher Dank geht an die Bauer Studios, besonders an Eva Bauer-Oppelland und Daniel Keinath, für die Möglichkeit und Zeit, eine Messung in der Tonregie 1 durchführen zu dürfen. Ebenfalls möchte ich mich bei Manuel Fischer von Mertens Audio Engineering für die Gelegenheit bedanken, sich in dem Studio einmessen zu können. Weiterhin geht ein Dankeschön an Marcus Reineboth und an das Institut für Musik und Medien in Düsseldorf, für die Bereitstellung ihrer Räumlichkeiten.

Weiterhin möchte ich mich bei Dipl. Ing. Jörg Bauer für die technische Unterstützung, sowie für die Bereitstellung der Studioräume in der Hochschule der Medien bedanken.

Ein großes Dankeschön geht an meine Familie und Freunde, die mich im Verlauf der Arbeit immer unterstützt haben und mir die Motivation gaben, diese Arbeit über den Sommer zu verwirklichen.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei meiner Frau Sandra Reineboth, die mir stets Kraft und Motivation gab und mich bei der Erarbeitung in jeglicher Form unaufhörlich bestärkte.

Bücher:

- Blauert, Jens: Räumliches Hören, Stuttgart 1974 (S. Hirzel Verlag)
- Dickreiter, Michael; Dittel, Volker; Hoeg, Wolfgang; Wöhr, Martin; Handbuch der Tonstudioteknik. Band 1. 7. völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage; München 2008 (K. G. Saur.)
- Dickreiter, Michael; Dittel, Volker; Hoeg, Wolfgang; Wöhr, Martin; Handbuch der Tonstudioteknik. Band 2. 7. völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage; München 2008 (K. G. Saur.)
- Friesecke, Andreas: Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker; München 2007 (K. G. Saur.)
- Girod, Bernd; Rabenstein, Rudolf; Stenger Alexander; Einführung in die Systemtheorie; Stuttgart 1997 (B.G. Teubner)
- Görne, Thomas: Tontechnik, Hamburg 2006 (Carl Hanser Verlag München)
- Henle, Hubert; das Tonstudio Handbuch. Praktische Einführung in die professionelle Aufnahmetechnik, München 2001 (GC Carstensen)

Internet:

- Razmowa, Jaroslawa: Klangliche Untersuchung verschiedener Panning-Möglichkeiten am Studer Vista 7; Pult, 2011. Abgerufen am 17.10.2012 von <http://www.hdm-stuttgart.de/~curdt/Razmowa.pdf>
- Smyth Research: Realiser A8 Bedienungsanleitung; 2011. Abgerufen am 2.7.2012 von www.audio-import.de/
- Kaminski, Peter: Smyth Research Realiser A8. Test aus Proaudio.de, 2010 Abgerufen am 2.7.2012 von www.audio-import.de/

Abbildung 2-1: Interferenzmuster des Außenohr

http://www.dasp.uni-wuppertal.de/ars_auditus/physiologie/aussenohr3.gif

Abbildung 2-2: Kopfbezogenes Koordinatensystem

Jens Blauert - Räumliches Hören S. 11

Abbildung 2-3: Lokalisationsunschärfe in der Horizontalebene

Jens Blauert - Räumliches Hören S. 33

Abbildung 2-4: Richtungsbestimmende Bänder nach Blauert

Jens Blauert - Räumliches Hören S. 33

Abbildung 2-5: Lokalisationsunschärfe in der Medianebene

Jens Blauert - Räumliches Hören S. 36

Abbildung 2-6: typische Kurve für die Abhängigkeit der Hörereignisentfernung vom Schalldruckpegel

Jens Blauert - Räumliches Hören S. 36

Abbildung 2-7: Lokalisation zwischen Schallquelle- und Hörereignisentfernung bei einem natürlichen Sprecher als Schallquelle

Jens Blauert - Räumliches Hören S. 100

Abbildung 2-8: Kurven gleicher Lautstärke nach Fletcher und Munson (1933)

Jens Blauert - Räumliches Hören S. 98

Abbildung 2-9: Luftdämpfung im freien Schallfeld

Jens Blauert - Räumliches Hören S. 103

Abbildung 3-1: Standard-Lautsprecheranordnung für Zweikanal-Stereowiedergabe

Michael Dickreiter - Handbuch der Tonstudioteknik S. 187

Abbildung 4-1: Winkelabhängige Außenohr-Übertragungsfunktion (HRTF),

Thomas Görne – Tontechnik S. 104

Abbildung 4-2: Außenohr-Übertragungsfunktion gemessen an zehn Versuchspersonen

Thomas Görne – Tontechnik S. 104

Abbildung 4-3: Verschiedene Trennkörpermikrofontechniken

Andreas Friesecke – Die Audio-Enzyklopädie S. 434

Abbildung 4-4: Eingangs- und Ausgangssignal eines Systems

Thomas Görne – Tontechnik S. 128

Abbildung 4-5: Faltung

http://topcat.iit.bme.hu/~fercsi/docs/books/Mathematik-Kompendium/daten/kap_15/node27.htm

Abbildung 5-1: Smyth Realiser – Front- und Rückansicht

<http://smyth-research.com/products.html>

Abbildung 9-1: Nachhallzeit der Regie 1 – Bauer Studios Ludwigsburg
Bauer Studios Ludwigsburg

Abbildung 10-1: EQ-Darstellung Refrain Gitarre, HdM-Ref Mischung
Eigene Abbildung

Abbildung 10-2: EQ-Darstellung Refrain Gitarre, HdM-Realiser Mischung
Eigene Abbildung

Abbildung 10-3: EQ-Darstellung Refrain Gitarre, Bauer Mischung
Eigene Abbildung

Abbildung 10-4: EQ-Darstellung Refrain Gitarre, Mertens Mischung
Eigene Abbildung

Abbildung 10-5: EQ-Darstellung Refrain Gitarre, IMM Mischung
Eigene Abbildung

Als Anhang wurde eine DVD beigefügt. Auf dieser befinden sich sämtliche Audio-Signale, die im Rahmen dieser Arbeit erstellt wurden.

Alle Surround-Mischungen die ich angefertigt habe, sind als 44,1kHz WAV Mono-Files auf der DVD enthalten. Somit stehen in dem jeweiligen Ordner sechs Audio-Dateien zur Verfügung, die in einer DAW angelegt werden können.

Weiterhin befinden sich die als „Realiser-Signale“ bezeichneten Signale auf dem Datenträger (ebenfalls 44,1kHz, Mono-WAV Dateien). Hierbei handelt es sich um die Referenz-Mischung, die für jeden Raum mit meiner HRTF beaufschlagt wurde. Da diese Signale jedoch nur für mich Gültigkeit aufweisen, sind sie eher für den interessierten Leser gedacht, der gern einmal über „andere Ohren“ hören möchte. Zudem kann es aufschlussreich sein, die verschiedenen PRIRs zu vergleichen, weil es sich immer um die gleiche Mischung handelt, die simuliert wurde.

Letztlich enthält der Datenträger noch die Refrain-Gitarre einer jeden Mischung. Hiermit kann noch einmal nachvollzogen werden, wie unterschiedlich die Gitarre in den einzelnen Mixen klingt.



Bei Interesse an den Sound-Files oder sonstigen Fragen erreichen Sie mich unter: mail@phillippreineboth.de