

Examensarbete kandidatnivå

Atmosfärisk musik i 3D för datorspel

En jämförelse mellan stereomixning och hörlursanpassad 3D-mixning för datorspel

Författare: Erik Hallström
Handledare: Sten Sundin
Seminarieexaminator: Jan-Olof Gullö
Formell kursexaminator: Thomas Florén
Ämne/huvudområde: Ljud- och musikproduktion
Kurskod: LP2009
Poäng: 15 hp
Termin: HT2018
Examinationsdatum: 18/1 2019

Vid Högskolan Dalarna finns möjlighet att publicera examensarbetet i fulltext i DiVA. Publiceringen sker open access, vilket innebär att arbetet blir fritt tillgängligt att läsa och ladda ned på nätet. Därmed ökar spridningen och synligheten av examensarbetet. Open access är på väg att bli norm för att sprida vetenskaplig information på nätet. Högskolan Dalarna rekommenderar såväl forskare som studenter att publicera sina arbeten open access

Jag/vi medger publicering i fulltext (fritt tillgänglig på nätet, open access):

Ja

Abstract

I den här studien utforskas tillämpandet av binaural processering för hörlursmixar till spelmusik. För att undersöka hur binauralt mixad atmosfärisk spelmusik upplevs av lyssnare, jämfört med vanlig stereomixad atmosfärisk spelmusik, har individuella lyssningstest genomförts. Under lyssningstesterna jämfördes två olika hörlursmixar av en atmosfärisk låt komponerad till en specifik sekvens ur ett spel. Den ena var mixad med binaural processering medan den andra var mixad i vanlig stereo. Syftet var att få lyssnarnas upplevda åsikter kring spatiala- och immersionella skillnader i förhållande till de två hörlursmixarna och spelsekvensen. Undersökningens resultat visar att den binaurala stereomixen gav undersökningsslagarna en något bättre ”utanför huvudet”-upplevelse även om dess spatiala egenskaper i övrigt inte upplevdes övertygande. Majoriteten av lyssnarna föredrog den vanliga stereomixen då de tyckte att denna på ett bättre sätt representerade spelkaraktärens inre. Vanan och förväntningen av att höra musik inifrån huvudet till följd av vanliga stereomixar i hörlurar kan vara en orsak till lyssnarnas föredragna mix. En binaural stereomix och dess egenskaper av att positionera ljudkällor utanför huvudet kan medföra tvetydigheter huruvida musiken ska tolkas som diegetisk eller inte, alltså tvetydigheter huruvida musiken finns i spelkaraktärens värld och uppfattas av denne eller om musiken endast ska uppfattas av lyssnaren och inte finnas i spelkaraktärens värld. En svaghet med den binaurala processeringen var dess generella HRTF-mall. Vidare forskning behövs för att ta fram en kalibreringsprocess av en HRTF-mall för individuell anpassning till lyssnaren. Denna kalibreringsprocess kan testas tillsammans med VR-teknik för spel.

Keywords

binaural, spatial, 3D, musik, spel, hörlur, mix, atmosfär

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Syfte	3
1.2 Forskningsfrågor	3
2. Teori	4
2.1 Head-related transfer functions	5
2.2 Tumregler för komponering med simulerad HRTF	6
3. Tidigare forskning	8
4. Metod	10
4.1 Lyssningstest	10
4.1.1 Lyssningstest via spel	11
4.2 Komposition och mixning	12
4.3 Ett klingande verk som stimuli	13
4.4 Avgränsningar, urval och etiska överväganden	13
5. Resultat	15
5.1 Lyssnarnas föredragna mix	16
6. Analys	17
7. Diskussion.....	18
8. Källförteckning.....	21
8.1 Tryckta källor	21
8.2 Elektroniska källor	22
9. Bilagor.....	23

1. Inledning

Intresset för spel är nog idag större än någonsin och den tekniska utvecklingen har gett spelutvecklarna avancerade möjligheter att ge spel användarna mångdimensionella audiovisuella upplevelser. VR-tekniken, en teknik som möjliggör bild i 3D, ställer nya krav på såväl ljud- som bildinnehåll då de båda, på ett realistiskt sätt, måste följa och representera spelarens huvudrörelser. Huvudets form och dess rörelser bidrar med egenskaper som påverkar ljudet och är därför av stort intresse inom VR-branschen. Genom att använda dessa egenskaper möjliggörs en mer realistisk tredimensionell ljudupplevelse.

Immersion är ett ord som ofta dyker upp i olika VR-sammanhang och inom dator- och TV-spelsbranschen. Efter att ha undersökt flera olika reklamvideor för olika företags VR-produkter kan jag göra en övergripande tolkning av immersion för samtliga reklamfilmer: Gemensamt säljer alla VR-reklamer en *immersiv spelupplevelse* tillgänglig via deras VR-teknologi som bidrar till att spelaren får en ökad upplevelse av *fysisk närvaro i en icke-fysisk värld*. Fokus i reklamfilmerna ligger främst på den upplevda närvaron till det visuella och i viss mån även till ljudeffekterna. Jag har emellertid haft svårt att finna marknadsföring gällande en immersiv musikupplevelse och det verkar som att musiken inte prioriteras för anpassning till VR-teknikens möjligheter.

Till följd av den tekniska utvecklingen inom VR- och spelbranschen ökar användandet av hörlurar och headsets. Många VR-produkter upplevs bäst med hörlurar och användandet av hörlursintegrerade headsets är också stort inom onlinespel. Eftersom VR-tekniken ger en upplevelse av en visuell värld i 3D är det även lämpligt om ljudet upplevs i 3D. Med *högtalare* går detta att göra genom att placera dem runt omkring lyssnaren i tre dimensioner; ljudet når lyssnarens öron via högtalarnas fysiska positioner i de tre dimensionerna. Uppspelning via *hörlurar* innebär dock att det inte finns några högtalare placerade i tre dimensioner runt omkring lyssnaren, vars fysiska position bidrar till ljudets upplevda position. För att återge en ljudupplevelse i 3D via hörlurar som endast har två ljudkanaler, höger och vänster, måste information om upplevd position i höjd och djup finnas inbakat direkt i ljudet. Denna information kan lyssnarna få via en *binaural inspelning* eller via *binaural syntetisering*.

Binaural inspelning används för att fånga huvudformens och öronens akustiska inverkan på hur människan uppfattar ljud. Ofta används ett konstgjort huvud med mikrofoner i vardera öronen vid en sådan inspelning.

Binaural syntetisering innebär att binaurala egenskaper simuleras och appliceras på ett redan inspelat material (ej binaural inspelning) eller på ett syntetiskt ljud. Binaural syntetisering möjliggör således binaurala mixar som innehåller information om upplevd ljudpositionering i 3D för uppspelning via hörlurar. Det finns spelutvecklare som applicerat denna teknik för ljudeffekter när uppspelning sker via hörlurar. Däremot verkar förekomsten av binauralt mixad musik i spel inte finnas.

Eng. *ambient music*, eller bara *ambient*, är en musikgenre som beskrivs bygga mer på olika mönster av ljud istället för melodier och används ofta för att beskriva en viss *atmosfär* eller ett särskilt *sinnestillstånd* (dictionary.com, 2018). Ambient ska inte förväxlas med begreppet *ambience*, som syftar på bakgrundsljud från en given plats (Holman, 2005). För att ge en tydligare bild av vilken sorts musik som berörs i studien har jag skapat ett eget begrepp: *Atmosfärisk musik för spel*. Jag definierar begreppet enligt följande: Musik inom genren ambient music, vars syfte är att bidra till en ökad beskrivning och immersion av ett spels *fysiska* atmosfär. I studien avser jag främst att undersöka dessa fysiska egenskaper snarare än den potentiella beskrivningen av ett sinnestillstånd. Därför utelämnar jag sinnestillstånd i definitionen.

Jag anser att spelets musik, framförallt den atmosfäriska musiken, bidrar till en ökad immersion. Jag tycker därför att det är märkligt att den binaurala tekniken inte används vid skapandet av atmosfärisk musik för att få spelaren att uppleva denna i 3D, vilket ger mig funderingar kring frågan: Hur hade en spelare upplevt binaural atmosfärisk musik om detta alternativ fanns, jämfört med den vanligt förekommande stereomixade musiken?

1.1 Syfte

Syftet med studien är att jämföra hur binauralt mixad atmosfärisk spelmusik upplevs av lyssnare jämfört med vanlig stereomixad atmosfärisk spelmusik. Under jämförelsen hålls ett fokus på upplevda spatiala- (rumsliga) och immersionella skillnader, där immersion definieras enligt följande: En upplevelse av att vara fysiskt närvarande i en icke-fysisk värld. I studien utforskas idén om att spelets atmosfär kan integreras i musiken via binaural mixning för lyssning i hörlurar.

1.2 Forskningsfrågor

Följande frågor har använts för att syftet ska uppfyllas:

1. Kan lyssnare uppleva spatiala skillnader i spel med binauralt mixad atmosfärisk musik jämfört med stereomixad atmosfärisk musik?
2. Vilken av de två ovanstående mixningstyper föredrar lyssnare för atmosfärisk musik i spel?

2. Teori

De flesta känner nog till att människan använder öronen för att höra ljud. Hur vi kan avgöra vart ett ljud kommer ifrån beror dock på flera faktorer som hjärnan tolkar. Howard och Angus (2017) förklarar att det finns två akustiska effekter till följd av huvudets form och öronens separation från varandra som avgör varifrån ljudet kommer i det *horisontella* planet: *Interaural Time Difference* (ITD) och *Interaural Intensity Difference* (IID). Den första effekten, ITD, innebär att den *tidsskillnad* som det tar för ljudet att nå öronen tolkas i hjärnan för att avgöra vilket öra som fick ljudet först. Örat som fick ljudet först befinner sig närmare källan. Detta förutsätter att ljudet inte kommer direkt framifrån eller bakifrån då dessa positioner inte har någon tidsskillnad mellan vänster och höger öra.

Den andra effekten, IID, innebär att hjärnan jämför ljudkällans *ljudstyrka* i varje öra. Det öra som registrerar störst styrka befinner sig närmare källan. Åter igen gäller detta inte för positioner där källan befinner sig rakt framför- eller bakom lyssnaren eftersom dessa positioner inte medför någon skillnad i ljudstyrka mellan öronen.

Dessa två effekter saknar dock information för att avgöra var en ljudkälla befinner sig i det *vertikala* planet och om källan befinner sig bakom eller framför lyssnaren. Hjärnan löser detta genom att tolka information från följande: *öronmusslan* och *huvudrörelser* (Howard & Angus, 2017). Öronmusslans form bidrar till att ljudvågen reflekteras och studsar i olika riktningar och skapar små olika fördröjningar. Dessa fördröjningar skapar ett kamfilter som är en funktion av ljudets ankomstriktning i *alla tre plan*. Hjärnan får således information om ljudkällans tredimensionella position.

Genom att röra på huvudet kan hjärnan lättare kontrollera positionerna för ljudkällor placerade rakt framför- eller rakt bakom lyssnaren. När huvudet roteras kommer något av öronen att befinna sig närmare ljudkällan och hjärnan kan lättare avgöra ljudets ankomstriktning till följd av ITD och IID.

2.1 Head-related transfer functions

Huvudets och öronens utformning bär alltså på egenskaper som har en stor inverkan på uppfattningen av ljud och dess positioner. Dessa egenskaper representeras med hjälp av *head-related transfer functions* (HRTFs) (Howard & Angus, 2017). HRTFs kan fångas direkt vid inspelning med hjälp av ett konstgjort huvud. Mikrofoner sitter i huvudets öron och på så sätt fångas huvudets och öronens akustiska påverkan automatiskt. HRTFs kan också användas syntetiskt i postproduktion via plug-ins som istället använder matematiska beräkningar. Det är alltså via HRTFs som lyssnaren uppfattar ljud i 3D. Vid reproduktion av ljud är det därför viktigt att ha med dessa egenskaper om syftet är att ge en tredimensionell upplevelse. Avsaknaden av HRTFs i vanlig stereo medför att ljud kan uppfattas komma inifrån huvudet på lyssnaren, då det är HRTFs som har informationen om var i ”rummet” ljudkällan kommer ifrån.

Förmågan att uppfatta ljudet utanför huvudet, som HRTFs ger, kan vara av intresse om ljuden önskas beskriva något yttre, till exempel ett objekt eller en fysisk plats. HRTFs har därför potential att nyttjas i atmosfärisk musik till spel för att förbättra beskrivningen av fysiska yttre element.

Eftersom alla människor har unika huvudformer, medför det också att alla människor har unika HRTFs. Dessa personliga och unika HRTFs styr hur pass bra en generell simulerad HRTF-modell matchar lyssnarnas sätt tolka den rumsliga informationen. Lyssnare kommer sinsemellan alltid uppfatta en generell HRTF-modell olika.

2.2 Tumregler för komponering med simulerad HRTF

Tankar kring komposition med rörliga syntetiska ljudkällor presenteras i en artikel i *Computer Music Journal* av Corey I. Cheng och Gregory H. Wakefield (2001). De skapade i sin studie rörliga ljudkällor syntetiskt genom tillagd HRTFs och beskriver några användbara tumregler som en kompositör kan förhålla sig till gällande spatiala musikaliska idéer. Nedan följer några av deras synpunkter:

- Undvik att ha för många ljudkällor i rörelse samtidigt. Vissa rörelsebanor uppfattas mer subtilt och ett tydligt fokus på dessa krävs för att effekten ska uppfattas.
- Rörelse fram-bak: För snabba- och för långsamma rörelser kan skapa en tvetydighet. Vid för snabba rörelser kan riktning fram till bak och bak till fram blandas ihop, medan för långsamma rörelser kan förlora den upplevda rumsliga effekten. Denna tvetydighet kan dock utnyttjas av kompositören för att förändra ljudets spatiala karaktär.
- Rörelse upp-ner: Denna rörelsebana kan vara svår att uppfatta. Uppfattningen av denna rörelsebana kan dock förstärkas genom att involvera ytterligare en rörelsebana. Exempelvis kan en rörelse upp-ner blandas med en mindre rörelse fram-bak för att utnyttja rörelsebanor som har lättare igenkännbara spatiala egenskaper.
- Renderingen av en tvetydig position kan användas som en övergångspunkt för två olika rumsliga idéer. Ett exempel kan vara att en position framför eller bakom lyssnaren kan användas som en mötespunkt för två olika rörelsebanor för att fungera som en övergång till nya rörelsemönster.
- Det spektrala innehållet kan vara av stor betydelse för att rendera en lyckad rumslig rörelsebana. Ju större plats i ett frekvensspektrum ett ljud tar, desto lättare är det att uppfatta de spektrala förändringar som ger lyssnaren information om positionering. Exempelvis kan ett mer luftigt sätt att sjunga på bredda ljudets frekvensomfång och på så sätt underlätta renderingen av rumslig positionering. Dock innebär inte detta att det är omöjligt att använda ljud med smala frekvensomfång. Vissa ljud kan redan från

början associeras med specifika positioner. Exempelvis kan ljud som innehåller liknande frekvensomfång som fågelsång uppfattas komma från en upphöjd position.

- Crossfade mellan vanligt stereoljud och ljud med HRTF kan skapa intressanta effekter. Vanligt panorerat stereoljud i hörlurar ofta uppfattas komma inifrån lyssnarens huvud eftersom ljudet saknar de egenskaper som HRTFs ger. Genom att skapa en övergång via crossfade mellan de två ljuden uppfattningen av en ökad acceleration skapas.

Cheng och Wakefields tumregler pekar på att ett less is more-tillvägagångssätt är att föredra för att de rumsliga egenskaperna och positioneringarna ska uppfattas. Eftersom musiken inte ska stjäla fokus från det visuella, lämpar sig atmosfärisk musik till spel bra i minimalistisk form; Musiken bör fungera som ett stöd till det visuella för att öka inlevelsen och skapa en större immersion till spelet. Vidare kan Cheng och Wakefields tumregler appliceras på atmosfärisk musik för spel när musiken är komponerad på ett minimalistiskt sätt.

3. Tidigare forskning

Tidigare forskning som direkt berör forskningsfrågorna i den här studien har varit svårt att hitta. Däremot finns tidigare forskning som belyser användandet av hörlurar bland spelare samt tidigare forskning där uppfattningen av populärmusik skapad med binaural teknik har undersökts.

Tidigare studier visar att det vanligaste är att spelare upplever ljudet via hörlurar (Goodwin, 2009). Det ökade intresset av onlinespel, ofta med krav på kommunikation via röst, medför större användning av headsets där hörlurar är integrerade. Hörlurar medför dessutom större mobilitet och ljudet läcker dessutom inte ut till oönskade lyssnare på samma sätt som uppspelning via högtalare gör. Hörlurar är därför ett naturligt val för många spelare.

Trots att hörlurar är ett populärt uppspelningsmedium är det få spel som erbjuder mixar anpassade för hörlurar. En orsak kan vara risken att spelaren inte är medveten om hur dennes ljudsystem påverkar uppspelningen av ljudet. I en artikel av Aristotel Digenis (2015) uppmärksammas utmaningarna med hörlursmixar i spel. Digenis menar att behovet för specifika hörlursmixar är uppenbart då en väsentlig andel spelare använder hörlurar som uppselningsmedium. Samtidigt belyser Digenis svårigheter till följd av olika system och utrustning. En viktig sådan aspekt är avsaknaden av kunskap om spelarens ljudsystem och konfiguration vilket innebär att utvecklarnas specifika hörlursmixar riskeras att spelas upp inkorrekt och därmed uppfattas fel. Utvecklarna riskerar därmed att investera i specifika hörlursmixar helt förgäves.

Valve, ett företag känt för sin onlinespelserie Counter-Strike, har dock insett potentialen som HRTF medför. I spelet *Counter-Strike: Global Offensive* implementerades alternativet *Stereo headphones (HRTF)* via en uppdatering (blog.counter-strike.net, 2017). Syftet är att ge spelaren en bättre uppfattning om ljudkällors positioner. Alternativet gäller dock endast spelets ljudeffekter och inte någon musik.

Fontana, Farina och Grenier genomförde en studie med lyssningstest där lyssnarna fick jämföra olika mixar av populärmusik (2007). Mixarna var antingen inspelade med binaural- eller vanlig stereoteknik. Mixarna var därefter bearbetade, antingen syntetiskt via binaural

processering, vanlig stereopanning eller en hybrid av dessa med avseende på vald inspelningsteknik. Målet med studien var att få information om lyssnarnas reaktioner till olika inspelningstekniker, huvudsakligen binaural och stereo. Fontana, Farina och Greiner fann att lyssnarna inte föredrog det binaurala materialet trots att de lokaliserade ljud mer utanför huvudet och upplevde en ökad rumslighet. Några av de orsaker de spekulerar ligga bakom resultatet är följande: Populärmusik är studioorienterat till följd av möjligheten att använda och mixa flera mikrofoner. Därför blir den aktuella binaurala processen en syntetisk sådan och den tekniken uppfyller inte kravet på en tillräckligt noggrann återgivning av klangfärg. En ytterligare orsak tros vara en saknad erfarenhet av att lyssna spatialt, huvudsakligen binauralt. Studien av Fontana, Farina och Greiner är dock från 2007 och idag lyssnar väldigt många fler med hörlurar, vilket troligen innebär att lyssnare idag är mer vana vid sådan typ av lyssning. I studien syns aldrig någon tanke kring huruvida material bearbetat av HRTFs ämnad för lyssning via hörlurar medför speciella krav på komponering och mixning. Att en sådan tanke aldrig redovisas medför en osäkerhet kring mixarnas kvalité och således även reliabiliteten i studiens resultat och slutsats.

På CES (Consumer Electronics Show) i januari 2019 visade företaget Sony upp en demo på deras framtida objektorienterade och spatiala ljudteknologi som de kallar för *360 Reality Audio* (Sheckells, 2019). Sony hävdar att tekniken ska ge möjligheten att redan i studion förse ljud med information om avstånd och vinkel. Under CES-mässan demonstrerades tekniken med kontrollerade vinjetter med uppspelning via högtalare och hörlurar, där ljudet nådde lyssnaren från alla vinklar. Via hörlurar möjliggörs deras teknik med en app som anpassar lyssningen efter användaren enligt följande: Användaren tar foton av sina öron med sin mobilkamera för att skapa en optimerad musikupplevelse baserat på analys av öronens lyssningskaraktär.

Huruvida Sonys kommande teknik kommer leverera vad de lovar eller huruvida tekniken kommer slå igenom eller inte får tiden avslöja. Deras teknologi är oavsett framtid ett förslag på ett nytt sätt att mixa och lyssna på musik, och kommer som ett svar på teknologins utveckling, inte minst inom VR.

4. Metod

I detta kapitel redovisas hur undersökningen genomfördes samt metodologiska och etiska överväganden.

4.1 Lyssningstest

Ett *lyssningstest* innefattar ett systematiskt tillvägagångsätt där forskaren får reda på hur olika processer påverkar ljudet och hur resultatet upplevs av lyssnare (Berg, 2012). Lyssningstest är lämpliga om forskaren önskar ta reda på om skillnader går att uppfattas på ljud, vilken typ av skillnader det rör sig om och hur dessa skillnader uppfattas.

Hur en lyssnare uppfattar ljud styrs inte enbart av hörseln; andra sinnesintryck i form av information och omständigheter runtomkring kan ha en stor inverkan. Det kan därför vara av intresse att utforma tester där dessa andra sinnesintryck är så obefintliga som möjligt. Ett sådant utformat test kallas för *blindtest* (Berg, 2012).

Under studiens gång utfördes ett lyssningstest. Det är ett utformat blindtest med avseende på att deltagarna inte på förhand vet någonting om mixarna och vilka egenskaper som studeras. Det utformades som ett blindtest för att inte ge deltagarna förutfattade meningar och riskera en snedvriden uppfattning. Deltagaren var dock exponerad för visuella intryck för att kunna ge information om det upplevda samspelet mellan mixen och det visuella. Den visuella påverkningen av upplevelsen var således också data som undersöktes.

När en forskare själv utformar ett experiment och bestämmer vilka omständigheter som gäller kallas detta för att forskaren utför experimentet med *kontrollerade villkor* (Berg, 2012). Fördelen med kontrollerade villkor och en kontrollerad testmiljö är att forskaren kan skräddarsy testförhållandena för att på bästa sätt få svar på sina frågor. En risk kan dock vara att forskaren skapar situationer eller miljöer som inte är realistiska och som dessutom kan innehålla felkällor som aldrig uppmärksammas.

Lyssningstestet i den här studien skedde med kontrollerade villkor med avseende på bestämt uppspelningsmedium, bestämd uppspelningsvolym vid start för de båda mixarna och bestämda frågeställningar i form av ett frågeformulär. Uppspelning skedde med samma

hörlurar som användes under produktionen av mixarna. Detta eliminerade risken för oförutsägbara effekter till följd av olika hörlurars egenskaper och gav även en garanti på att deltagarna fick exakt samma uppspelning som jag själv fått. Hörlurarna som användes är av märket AKG, modell K712 Pro. De är ett par öppna omslutande hörlurar designade för att ge en rak frekvensåtergivning och lämpar sig för noggrann lyssning, mixning och mastering (AKG, 2018).

Lyssningstestet ägde rum i två olika lokaler. Den ena lokalen var ett mindre konferensrum och det andra var en datorsal. Gemensamt för de båda lokalerna var en dämpad belysning för att minska risken att de visuella skillnader som finns mellan lokalerna ska påverka deltagarnas upplevda immersion. Eftersom ljudet spelades upp via hörlurar medförde detta ett mindre krav på lokal; frekvensåtergivningen påverkades inte av akustiska egenskaper till följd av rummets utseende och material.

Deltagarna fick efter lyssning svara på enkätfrågor där de fick förhålla sig till olika påståenden genom att bedöma till vilken grad de höll med om påståendet. Alla påståenden representerade viktiga egenskaper för definitionen av immersion som användes i studien. En nackdel med dessa påståenden var det faktum att de är förbestämda och kommer från en förbestämd definition av immersion. Deltagarna fick således mindre utrymme att fritt uttrycka sig utifrån deras egna definitioner av immersion. I den här studien fanns dock ett behov av att avgränsa begreppet immersion, då syftet var att få reda på upplevda skillnader mellan två sätt att mixa atmosfärisk musik. Genom dessa förbestämda påståenden riktades deltagarnas tankar kring atmosfärsmusikens inverkan på immersion och på så sätt sällades irrelevant data bort.

Enkäten avslutades med en öppen fråga där deltagaren fick motivera vilken av mixarna denne föredrog, och även utrymme för övriga synpunkter. Den öppna frågan gav möjligheten att fånga upp intressanta tankar och synpunkter som på förhand var svåra att förutse. Eftersom samspelet mellan mixarna och spelets visuella intryck var av intresse skedde lyssningstestet tillsammans med en spelsekvens enligt nedanstående rubrik.

4.1.1 Lyssningstest via spel

Lyssnarna placerades i en sekvens från ett spel där musiken komponerats för att fungera som atmosfärsmusik till spelet. Sekvensen i spelet var en lugn sådan som inte kräver tidigare erfarenhet av spelmekanik och lyssnarna kunde således koncentrera sig på samspelet mellan spelets miljö och mixarna utan distraherande spelmekanik. De fick även höra spelets egna

ljudeffekter då en avsaknad av dessa riskerade att ha stor inverkan på immersionen. Varje spelare fick spela sekvensen två gånger: en gång med stereomixen och en gång med den binaurala mixen. Hälften av lyssnarna fick spela med stereomixen först, medan den andra hälften började med den binaurala mixen. Turordningen av mixarna kunde eventuellt påverka lyssnarnas uppfattning och därför undersöktes båda turordningarna. Därefter fick de svara på enkätfrågorna.

4.2 Komposition och mixning

En instrumental låt utan sång arrangerades och mixades binauralt med Sennheiser AMBEO Orbit plugin för en specifik spelsekvens. Ljudkällor i rörelse användes för att tjäna två syften: Genom att ha ljudkällor i rörelse riskerade aldrig ljudkällan att fastna i en zon som kan medföra svårigheter för lyssnaren att uppfatta ljudkällans position. Några av dessa svårigheter belyste *Wightman* och *Kistler* redan 1989 med zonerna rakt framför-bakom lyssnaren och rakt övanför-nedanför lyssnaren, som de benämnde *front-back* och *up-down confusions*. Det andra syftet med ljudkällor i rörelse var att testa idén om att detta skulle bidra till en mer levande atmosfär och eventuellt öka immersionen.

Cheng och Wakefields tumregler (2001) låg till grund för både komposition och mixning för den binaurala versionen enligt följande:

- Låten arrangerades utifrån ett less is more-perspektiv för att både underlätta den spatiala tydligheten och för att fungera som atmosfär till spelet utan att spelets egna ljudeffekter dränks. Ett piano stod för två ackord som upprepades genom större delen av låten. Dessa ackord rörde sig i en halvcirkel åt vardera håll om lyssnaren med startpunkt framför lyssnaren och slutpunkt bakom lyssnaren. Rörelsens varaktighet bestämdes av ackordens hörbara klangtid. Den tvetydiga skillnaden mellan upplevd position framför- och bakom lyssnaren användes som en övergångspunkt för pianoackordens rörelsebana.
- Stråkar panorerades både statiskt och med rörelse. Instrument som panorerades i rörelse ligger ofta i fokus vid tillfället och många av de andra instrumenten var statiskt panorerade för att ligga i bakgrunden. Både fiol och piano spelade vid olika tillfällen solo och låg då i fokus med en panorering i rörelse.

- Instrument i de lägre frekvenserna, som kontrabas och en syntetisk subbas, panorerades statistiskt i en nersänkt position. Människan förknippar ofta stora tunga kroppar med tyngd och därför panorerades ljud med stora ljudvågor (lågfrekventa ljud) i nersänkta positioner. Valet av en stationär panorering utan rörelse grundades på människans svårigheter att uppfatta ankomstriktning för stora ljudvågor, då fasskillnaden mellan öronen för dessa frekvenser är för liten för en tydlig lokalisering (Acousticslab.org, 2018).
- En synt pad med flera lager av högfrekventa ljud, som ska illustrera spelsekvansens stjärnor på natthimmeln, panorerades i en upphöjd position med små cirkulära rörelser. Den upphöjda panoreringen valdes för att representera stjärnornas position i spelsekvansen och det högfrekventa innehållet associeras dessutom ofta med upphöjda positioner.

4.3 Ett klingande verk som stimuli

Att ha ett klingande verk som stimuli, i det här fallet två mixar av ett komponerat stycke atmosfärisk musik, innebär att den insamlade datan representerar en helhetsbild angående upplevda spatiala egenskaper. Ensamma ljudkällor som stimuli däremot, som till exempel en enskild fiol och dess binaurala egenskaper, möjliggör en jämförelse mellan lyssnarnas upplevda position och den faktiska binaurala panoreringen för det specifika enskilda stimuli. Att använda ett klingande verk som stimuli istället för enskilda ljudkällor är däremot nödvändigt för att ge en situation som är mer lik ett typiskt scenario för en datorspelare. På så sätt medför ett klingande verk som stimuli en bättre mätning av immersion jämfört med enskilda ljudkällor.

4.4 Avgränsningar, urval och etiska överväganden

Urvalet bestod av tio personer från ljud- och musikproduktionsprogrammet på Högskolan Dalarna. De valdes då deras kompetens och erfarenhet inom kritisk lyssning är stor. Att använda erfarna och kompetenta lyssnare möjliggör upp till sju gånger färre antal deltagare jämfört med deltagare som saknar erfarenhet och kompetens för att ge ett tillförlitligt och

generaliserbart resultat (Bech, 1992). Deltagarna var dessutom lättillgängliga och urvalet blev därför också ett bekvämt sådant.

Den traditionella stereomixade versionen hade samma arrangemang men innehöll endast statiska panoreringar. De båda mixarnas loudnessnivåer matchades för att minska risken för upplevda nivåskillnader mellan mixarna.

Under studiens gång har Vetenskapsrådets forskningsetiska principer följts utifrån följande punkter (2002):

- Informationskravet
- Samtyckeskravet
- Konfidentialitetskravet
- Nyttjandekravet

Nedan beskrivs förhållningen till ovanstående punkter i testerna:

Informationskravet: Deltagarna blev informerade om deras uppgift och vilka villkor som gällde för testet. De fick veta att deras deltagande är frivilligt och att de när som helst kan avbryta deltagandet.

Samtyckeskravet: Deltagarnas samtycke till studien hämtades från deltagarna. Då alla deltagare var myndiga behövdes inget samtycke hämtas från förälder eller vårdnadshavare. Deltagarna kunde när som helst avbryta medverkan utan några påtryckningar eller invändningar av forskaren och deltagandet skedde således frivilligt.

Konfidentialitetskravet: Deltagarna informerades att de är anonyma och att inga personliga identifierbara uppgifter kommer att samlas in eller spridas vidare. Svaren de lämnar kommer aldrig att kunna identifiera personen som lämnade dessa.

Nyttjandekravet: Den insamlade datan kommer inte användas eller utlånas för kommersiellt bruk eller för icke-vetenskapliga syften. Eftersom deltagandet är anonymt finns inga personuppgifter som kan hamna i fel händer och direkt påverka den enskilde.

5. Resultat

Resultatet av lyssningsundersökningen visar att lyssnarna upplevde den binaurala mixen något mer utanför huvudet jämfört med den vanliga stereomixen. Det var dock ingen stor skillnad och det fanns även lyssnare som tyckte att den binaurala mixen upplevdes mer inifrån huvudet än utanför.

Flera lyssnare beskrev att de uppfattade instrument mer som placerade bakom sig när de hörde den binaurala mixen jämfört med den vanliga stereomixen. Trots detta uppfattade inte majoriteten av lyssnarna att instrument fanns bakom dem för varken den binaurala- eller vanliga stereomixen. Lyssnarna upplevde även att den vanliga stereomixen hade fler instrument positionerade framför sig än den binaurala mixen. Däremot fanns en tydlig majoritet av lyssnarna som upplevde att instrument kom från en upphöjd position i den binaurala mixen jämfört med den vanliga stereomixen. Majoriteten av lyssnarna hade svårt att uppfatta att ljud från instrument kom från en nersänkt position. Lyssnarna upplevde att den binaurala mixen var sämre på att återge instrument med en nersänkt position än den vanliga stereomixen.

En stor majoritet av lyssnarna upplevde att musiken passade bra till spelsekvensen, spelkaraktärens värld och representerade spelarens sinnestillstånd. Den vanliga stereomixen upplevdes göra detta något bättre än den binaurala mixen, om än med små skillnader.

Mix vanlig: Gruppen som fick höra den vanliga stereomixen först svarade att de upplevde en tydligare positionering av instrument framför sig jämfört med den andra gruppen. Gruppen som fick höra den vanliga stereomixen sist hade delade åsikter ifall instrument upplevdes komma från en nersänkt position, medan den andra gruppen var mer enig om att en upplevelse av en nersänkt position inte var tydlig.

Mix binaural: En liten majoritet av lyssnarna som hörde den binaurala mixen först upplevde att mixen uppfattades mer utifrån huvudet än inuti och samtidigt en sämre tydlighet i positionering bakom huvudet. Lyssnarna som hörde den binaurala mixen sist, hade däremot en liten majoritet som tyckte att mixen uppfattades mer inuti huvudet än utanför, och att

instrument fanns bakom dem. Majoriteten hos båda grupperna upplevde inte en tydlig positionering av instrument varken framför dem eller nedanför dem. Däremot upplevde majoriteten hos båda grupperna att den binaurala mixen gav en upplevelse av att instrument kom från en upphöjd position.

5.1 Lyssnarnas föredragna mix

Fyra av de tio lyssnarna föredrog den binaurala mixen, medan de resterande sex lyssnarna föredrog den vanliga stereomixen. En lyssnare skrev att denne tyckte om hur den binaurala mixen var panorerad och hur detta gav mixen mer karaktär. Samtidigt belyste samma lyssnare sin förvirring angående om musiken skulle tolkas som icke-diegetisk eller diegetisk. Samma lyssnare tyckte även att musiken gav atmosfären större uppmärksamhet och trodde att denne inte uppmärksammat stjärnorna lika mycket utan musiken. En annan lyssnare tyckte att den binaurala mixen bildade en bättre helhet tillsammans med spelet.

Flera av de lyssnare som föredrog den vanliga stereomixen skriver att de tyckte att den uppfattades mer inifrån huvudet och beskrev karaktärens inre på ett bättre sätt än den binaurala mixen. Två av dem tyckte dessutom att den vanliga stereomixen fungerade bättre med spelets miljö. En lyssnare tyckte att den vanliga stereomixen satt ihop bättre och en annan tyckte att den vanliga stereomixen lät mer naturlig och flöt ihop bättre med spelets ljud.

6. Analys

Vilken av mixarna som lyssnarna fick höra först kan ha påverkat resultatet. I resultatet redovisas båda ordningsföljderna, men antalet deltagare inom varje grupp är för lågt för att kunna utesluta att spridningen inte är orsakad av slumpen. Däremot talar det sammantagna resultatet från båda grupperna för en tydligare sammanfattande bild av deras upplevelser av mixarna.

En faktor som kan ha påverkat resultatets reliabilitet var avsaknaden av kontroll gällande de ljudeffekter som fanns i spelsekvensen. Spelutvecklarnas sätt att mixa ljudeffekterna riskerar att inte fungera bra tillsammans med en binaural musikmix. Om ljudeffekterna är mixade för en traditionell stereomix kan effekterna tillsammans med en binaural musikmix skära sig och upplevas konkurrera om hur ljudbilden ska tolkas.

Även om några av lyssnarna föredrog den binaurala mixen tyckte ändå majoriteten att den vanliga stereomixen passade bäst till spelsekvensen. En ytterligare förklaring kan vara att lyssnare är vana vid vanliga stereomixar och förväntar sig att uppleva musiken inuti huvudet. Många av de motiveringar till varför stereomixen passade bättre var just att musiken upplevdes komma mer inifrån huvudet och representerade karaktärens inre. Denna förväntan av att uppleva musiken inifrån huvudet kan medföra svårigheter om musiken ska användas för att beskriva något yttre i förhållande till spelkaraktären. En beskrivning av en virtuell miljö med musik från spelkaraktärens perspektiv verkar vara lättare för lyssnare att förstå jämfört med en direkt beskrivning av själva miljön.

Resultatet tyder på att den komponerade musiken för spelsekvensen har förhöjt immersionen, då musiken i de båda mixarna upplevdes passa bra till spelsekvensen, tillhöra spelets atmosfär och representera karaktärens sinnestillstånd.

7. Diskussion

Studiens syfte var att jämföra skillnader mellan hur lyssnare upplever atmofärisk musik till spel, där musiken är mixad både i binaural stereo och vanlig stereo. Under jämförelserna hölls ett fokus på spatiala- och immersionella upplevelser där lyssnaren även fick motivera och redogöra för vilken mix denne föredrog.

Resultatet visar att den binaurala mixen gav undersökingsdeltagarna en något bättre tredimensionell upplevelse, dock syntes ingen tydlig enighet. Majoriteten av lyssnarna föredrog den vanliga stereomixen. Detta resultat har likheter med resultaten från Fontanas, Farinas och Greiners (2007) studie då de också fann att lyssnarna upplevde en bättre lokalisering av ljud utanför huvudet för det binaurala materialet men föredrog det icke-binaurala materialet.

Många lyssnare tyckte att den vanliga stereomixen gav en bättre representation av karaktärens inre, satt ihop bättre jämfört med den binaurala mixen och att den vanliga stereomixen passade bättre tillsammans med spelets ljud. Resultatet visar också att lyssnarna tyckte att musiken passade bra till spelsekvensen, spelets atmosfär och till karaktärens sinnestillstånd. Det går därför att dra slutsatsen att en försämrad immersion till följd av en icke passande komposition inte har förekommit undersökningsmaterialet. Vidare kan en passande komposition argumenteras ge lyssnarna ett ökat intresse och bättre koncentration, och de upplevda immersionella skillnader mellan mixarna är med större sannolikhet orsakade av mixningstypernas olikheter och inte orsakade av kompositionen.

Resultatet visar en stor spridning mellan lyssnarnas spatiala uppfattningar. Den binaurala mixen upplevdes av de flesta av undersökingsdeltagarna som något mer utanför huvudet jämfört med den vanliga stereomixen. Det fanns dock lyssnare som inte tyckte att den binaurala mixen gav någon större spatial tydlighet. En orsak till denna spridning kan vara avsaknaden av individuella personliga HRTFs: Alla människor har olika former på huvud och öron, vilket medför unika individuella filter för tolkning av spatiala positioner av ljud. Olikheterna mellan dessa filter verkar vara stor och medför således att en syntetisk HRTF-mall överlag inte ger en övertygande tredimensionell ljudupplevelse. En generell mall för

syntetisk HRTF är troligen otillräcklig för att leverera en realistisk binaural upplevelse för ett större antal lyssnare.

Ett förslag för fortsatt forskning som kan innebära en lösning på ovanstående problem, är att låta lyssnaren, eller spelaren, få göra ett val mellan flera olika HRTF-mallar innan denne börjar lyssna eller spela. Liknande individuella inställningar används redan i flera spel för att ställa in spelets ljusstyrka den första gången spelaren startar spelet: Spelaren följer korta instruktioner givna av spelutvecklarna för att matcha ljusstyrkan så att spelets grafik återges korrekt på spelarens display. En liknande kalibreringsprocess kan genomföras där spelaren får en ljudsekvens uppspelad med ljud positionerade i 3D. Spelaren kan höra sekvensen med olika förbestämda HRTF-mallar och göra ett aktivt val som denne tycker ger bäst tredimensionell återgivning. På så sätt kan ljudupplevelsen individualiseras för att anpassas till lyssnarens unika filter. En av processerna kan vara att låta ett större antal lyssnare få göra individuella val av HRTF-mallar för att jämföras med en kontrollgrupp utan individuella val. Ytterligare en potentiell lösning kan vara att utforska möjligheter med Sonys framtida 360 Reality Audio och med dess app fotografera lyssnarens, eller användarens, öron och huvud och på så sätt analysera fram en individanpassad HRTF-mall för uppspelning via hörlurar.

Vanan och förväntningen av att uppleva hörlursmusik inifrån huvudet tillsammans med de binaurala egenskaperna att få ljud att låta utanför huvudet, verkar bidra till en förvirring huruvida musiken ska tolkas som diegetisk eller icke-diegetisk. Denna förvirring kan ha stor inverkan på den upplevda immersionen. Om lyssnaren inte vet ifall musiken är diegetisk eller inte så kan det påverka kompositörens förmåga att plantera känslomässiga band mellan lyssnare och spelkaraktär eller spelatmosfär.

Binaurala hörlursmixar börjar bli allt vanligare i first-person shooter-spel där den binaurala processeringen applicerats på ljudeffekter för att ge spelaren en bättre förmåga att avgöra varifrån ett ljud kommer. Trots att binaural teknik varit väl känt sedan många år tillbaka har tekniken inte slagit igenom på den kommersiella marknaden. Det är först nu som vi kan ana en kommande trend inom spel och dess ljudeffekter.

Jag kan inte låta bli att fundera kring vilka drivkrafter som kan tänkas ligga bakom avsaknaden av binaurala hörlursmixar. Är det rimligt att tro att alla människors unika HRTFs är den enda orsaken till att den binaurala tekniken inte utvecklats i en snabbare takt? Om den enda hårdvaran som lyssnaren behöver för att uppleva positioner i 3D är ett par vanliga

stereohörlurar, varför erbjuds inte mängder av binaurala hörlursmixar? Vad skulle hända med försäljningen av alla nuvarande exklusiva hörlurar som sägs erbjuda en tredimensionell upplevelse? Vad skulle hända med surroundhörlurar? Kan det vara så att alla konkurrerande företags unika lösningar och svar på varför just deras dyra hörlurar ger den bästa tredimensionella upplevelsen skulle anses meningslösa? Deras lösningar, med egna virtuella metoder, skulle innebära en förvrängd återgivning av HRTFs. Det innebär att egenskaper som Howard och Angus (2017) anser vara så viktiga för att återskapa en tredimensionell upplevelse förvrängs. Skulle tillgången av binaurala hörlursmixar ta bort behovet för en hel kategori av hörlurar, en marknad full med olika lösningar på ett och samma problem? Erbjudandet av binaurala hörlursmixar kan leda till ett paradigmskifte med en ny standardisering.

Funderingarna kan anses vara överdrivna, men jag anser att utvecklingen av VR-tekniken medför ett behov av nya sätt att återge både ljud och musik i 3D. En satsning på utvecklingen av binaurala mixar kan vara lösningen. Ytterligare forskning skulle även kunna göras via tester med spel anpassade för VR-glasögon tillsammans med hörlurar där olika ljud- och musikinställningar jämförs. Exempelvis skulle olika grader av binauralt mixad musik kunna jämföras, där inte nödvändigtvis alla instrument är i varje mix är binauralt behandlade. Sådana tester kan inledas med en kalibreringsprocess för att anpassa HRTF-mallen efter lyssnaren.

8. Källförteckning

8.1 Tryckta källor

- Bech, S. (1992). "Selection and Training of Subjects for Listening Tests on Sound-Reproducing Equipment", i *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 40, no. 7/8, s. 590–610.
- Berg, J (2012). Lyssningsteter – Ett experimentellt sätt att fånga en upplevelse. I G. Ternhag & J. Wingstedt (red.), *På tal om musikproduktion: Elva bidrag till ett nytt kunskapsområde* (s. 197-210). Göteborg: Bo Ejeby.
- Cheng, C.I. & Wakefield, G.H. (2001). "Moving Sound Source Synthesis for Binaural Electroacoustic Music Using Interpolated Head-Related Transfer Functions (HRTFs)" i *Computer Music Journal*, Volume 25, Number 4, Winter 2001. The MIT Press.
- Digenis, A (2015). "CHALLENGES OF THE HEADPHONE MIX IN GAMES" i *AES 56th International Conference*. London, UK. Februari 2015.
- Fontana, S., Farina, A. & Grenier, Y (2007). "Binaural for Popular Music: A Case of Study" i *Proceedings of the 13th International Conference on Auditory Display*. Montréal, Canada. June 26-29, 2007.
- Goodwin, S.N (2009). *How Players Listen*. AES 35th Conference.
- Holman, T. (2005). *Sound for digital video*. Focal. Oxford.
- Howard, D.M. & Angus, J. 2017. *Acoustics and psychoacoustics*, Fifth edn, Routledge. New York, NY.
- Wightman, F. L. & Kistler, D. J. (1989). "Headphone Simulation of Free-Field Listening. II: Psychophysical Validation" i *Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 85 (2), s. 868–878.

8.2 Elektroniska källor

Acousticslab.org (i.d.). *Auditory localization cues Intraural time (phase) and interaural level differences*. Hämtad 19 november 2019 från

<http://acousticslab.org/psychoacoustics/PMFiles/Module07a.htm>

Ambient music (i.d.). I *Dictionary*. Hämtad 26 oktober 2018 från

<https://www.dictionary.com/browse/ambient-music>

blog.counter-strike.net. *Release notes for 10/31/2017*. Hämtad 10 oktober 2018 från

<http://blog.counter-strike.net/index.php/2017/10/19582/>

AKG.com. *K712 Pro*. Hämtad 19 oktober från

<https://www.akg.com/Headphones/Professional%20Headphones/K712PRO.html>

Sheckells, M (11 januari 2019). Sony Unveils the 'Future of Music' With 360 Reality Audio at CES 2019. I *Billboard.com*. Hämtad 24 januari 2019 från

<https://www.billboard.com/articles/business/tech/8493202/sony-360-reality-audio-ces-2019-future-of-music>

Vetenskapsrådet (2002). *Etik*. Hämtad 14 maj 2017 från

<http://www.vr.se/etik.4.3840dc7d108b8d5ad5280004294.html>

9. Bilagor

Jämförelse binaural- och vanlig stereomix

Vanlig stereomix								Binaural stereomix																																			
<p>Inuti huvudet eller utanför huvudet: Var upplevde du att musiken fanns? 1 = endast inuti huvudet, 7 = endast utanför huvudet</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>xx</td><td>xxxx</td><td>x</td><td>x</td><td></td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7	x	x	xx	xxxx	x	x		<p>Inuti huvudet eller utanför huvudet: Var upplevde du att musiken fanns? 1 = endast inuti huvudet, 7 = endast utanför huvudet</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td>x</td><td>x</td><td>x</td><td>xxx</td><td>x</td><td>xxx</td><td></td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7	x	x	x	xxx	x	xxx	
1	2	3	4	5	6	7																																					
x	x	xx	xxxx	x	x																																						
1	2	3	4	5	6	7																																					
x	x	x	xxx	x	xxx																																						
<p>Instrument fanns bakom mig. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td></td><td>xxxx</td><td>xxx</td><td>x</td><td>x</td><td></td><td>x</td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7		xxxx	xxx	x	x		x	<p>Instrument fanns bakom mig. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td>x</td><td>xxx</td><td>xx</td><td></td><td>xx</td><td>xx</td><td></td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7	x	xxx	xx		xx	xx	
1	2	3	4	5	6	7																																					
	xxxx	xxx	x	x		x																																					
1	2	3	4	5	6	7																																					
x	xxx	xx		xx	xx																																						
<p>Instrument fanns framför mig. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td></td><td>xxxxx</td><td></td><td>x</td><td>xxxx</td><td></td><td></td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7		xxxxx		x	xxxx			<p>Instrument fanns framför mig. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td></td><td>xxxx</td><td>xx</td><td>x</td><td>xx</td><td>x</td><td></td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7		xxxx	xx	x	xx	x	
1	2	3	4	5	6	7																																					
	xxxxx		x	xxxx																																							
1	2	3	4	5	6	7																																					
	xxxx	xx	x	xx	x																																						
<p>Instrument upplevdes komma från en upphöjd position. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td></td><td>xx</td><td>xx</td><td>xx</td><td>xx</td><td>xx</td><td></td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7		xx	xx	xx	xx	xx		<p>Instrument upplevdes komma från en upphöjd position. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td></td><td>x</td><td></td><td>xx</td><td>x</td><td>xxxxxx</td><td></td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7		x		xx	x	xxxxxx	
1	2	3	4	5	6	7																																					
	xx	xx	xx	xx	xx																																						
1	2	3	4	5	6	7																																					
	x		xx	x	xxxxxx																																						
<p>Instrument upplevdes komma från en nersänkt position. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td>xx</td><td>xxxx</td><td>x</td><td></td><td>xx</td><td>x</td><td></td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7	xx	xxxx	x		xx	x		<p>Instrument upplevdes komma från en nersänkt position. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td>xxxx</td><td>xxx</td><td>xxx</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7	xxxx	xxx	xxx				
1	2	3	4	5	6	7																																					
xx	xxxx	x		xx	x																																						
1	2	3	4	5	6	7																																					
xxxx	xxx	xxx																																									
<p>Musiken passade bra till spelsekvensen. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>xxxxx</td><td>xxxxx</td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7						xxxxx	xxxxx	<p>Musiken passade bra till spelsekvensen. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>xx</td><td>xxxxx</td><td>xxx</td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7					xx	xxxxx	xxx
1	2	3	4	5	6	7																																					
					xxxxx	xxxxx																																					
1	2	3	4	5	6	7																																					
				xx	xxxxx	xxx																																					
<p>Musiken upplevdes tillhöra spelets fysiska atmosfär/spelkaraktärens värld. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td></td><td>x</td><td></td><td></td><td>x</td><td>xx</td><td>xxxxxx</td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7		x			x	xx	xxxxxx	<p>Musiken upplevdes tillhöra spelets fysiska atmosfär/spelkaraktärens värld. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td></td><td>xx</td><td></td><td></td><td>x</td><td>xxxx</td><td>xxx</td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7		xx			x	xxxx	xxx
1	2	3	4	5	6	7																																					
	x			x	xx	xxxxxx																																					
1	2	3	4	5	6	7																																					
	xx			x	xxxx	xxx																																					
<p>Musiken upplevdes representera spelkaraktärens sinnestillstånd. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>xxxx</td><td>xxxxxx</td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7						xxxx	xxxxxx	<p>Musiken upplevdes representera spelkaraktärens sinnestillstånd. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th></tr> <tr><td></td><td></td><td>x</td><td></td><td>xx</td><td>xxx</td><td>xxxx</td></tr> </table>								1	2	3	4	5	6	7			x		xx	xxx	xxxx
1	2	3	4	5	6	7																																					
					xxxx	xxxxxx																																					
1	2	3	4	5	6	7																																					
		x		xx	xxx	xxxx																																					

Grubb A och Grubb B nedan representerar de två ordningsföljderna, där lyssnarna som tillhörde grupp A fick höra den binaurala stereomixen först och grupp B fick höra den vanliga stereomixen först. Observera att svaren för **både** grupp A och grupp B representerar resultatet för den **enskilda mixtypen** som står angiven som rubrik.

Vanlig stereomix

Binaural stereomix

Jämförelse ordningsföljd

Jämförelse ordningsföljd

<p><i>Inuti huvudet eller utanför huvudet: Var upplevde du att musiken fanns?</i> 1 = endast inuti huvudet, 7 = endast utanför huvudet</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td></td> <td>x</td> <td>x</td> <td>xxx</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A	x		x	x	x	x		Grupp B		x	x	xxx				<p><i>Inuti huvudet eller utanför huvudet: Var upplevde du att musiken fanns?</i> 1 = endast inuti huvudet, 7 = endast utanför huvudet</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>xx</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td>x</td> <td>x</td> <td></td> <td>xx</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A			x	x	x	xx		Grupp B	x	x		xx			x
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A	x		x	x	x	x																																											
Grupp B		x	x	xxx																																													
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A			x	x	x	xx																																											
Grupp B	x	x		xx			x																																										
<p>Instrument fanns bakom mig. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td></td> <td>xx</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td></td> <td>xx</td> <td>xx</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A		xx	x	x	x			Grupp B		xx	xx				x	<p>Instrument fanns bakom mig. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td>x</td> <td>xx</td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td></td> <td>x</td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td>xx</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A	x	xx	x		x			Grupp B		x	x		x	xx	
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A		xx	x	x	x																																												
Grupp B		xx	xx				x																																										
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A	x	xx	x		x																																												
Grupp B		x	x		x	xx																																											
<p>Instrument fanns framför mig. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td></td> <td>xxxx</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td>xxx</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A		xxxx			x			Grupp B		x		x	xxx			<p>Instrument fanns framför mig. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td></td> <td>x</td> <td>xx</td> <td></td> <td></td> <td>xx</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td></td> <td>xxx</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A		x	xx			xx		Grupp B		xxx		x			x
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A		xxxx			x																																												
Grupp B		x		x	xxx																																												
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A		x	xx			xx																																											
Grupp B		xxx		x			x																																										
<p>Instrument upplevdes komma från en upphöjd position. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td></td> <td>xx</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td>x</td> <td>x</td> <td>xx</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A		xx	x	x	x			Grupp B			x	x	x	xx		<p>Instrument upplevdes komma från en upphöjd position. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td>x</td> <td>xx</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>xxxx</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A		x		x	x	xx		Grupp B				x		xxxx	
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A		xx	x	x	x																																												
Grupp B			x	x	x	xx																																											
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A		x		x	x	xx																																											
Grupp B				x		xxxx																																											
<p>Instrument upplevdes komma från en nersänkt position. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td></td> <td>xx</td> <td></td> <td></td> <td>xx</td> <td>x</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td>xx</td> <td>xx</td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A		xx			xx	x		Grupp B	xx	xx	x					<p>Instrument upplevdes komma från en nersänkt position. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td>xx</td> <td>x</td> <td>xx</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td>xx</td> <td>xx</td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A	xx	x	xx					Grupp B	xx	xx	x				
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A		xx			xx	x																																											
Grupp B	xx	xx	x																																														
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A	xx	x	xx																																														
Grupp B	xx	xx	x																																														
<p>Musiken passade bra till spelsekvensen. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>xx</td> <td>xxx</td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>xxx</td> <td>xx</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A						xx	xxx	Grupp B						xxx	xx	<p>Musiken passade bra till spelsekvensen. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td>xx</td> <td>xx</td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td>xxx</td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A					x	xx	xx	Grupp B					x	xxx	x
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A						xx	xxx																																										
Grupp B						xxx	xx																																										
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A					x	xx	xx																																										
Grupp B					x	xxx	x																																										
<p>Musiken upplevdes tillhöra spelets fysiska atmosfär/spelkaraktärens värld. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>xx</td> <td>xxx</td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>xxx</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A						xx	xxx	Grupp B		x			x		xxx	<p>Musiken upplevdes tillhöra spelets fysiska atmosfär/spelkaraktärens värld. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td>xx</td> <td>xx</td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td></td> <td>xx</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>xx</td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A					x	xx	xx	Grupp B		xx				xx	x
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A						xx	xxx																																										
Grupp B		x			x		xxx																																										
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A					x	xx	xx																																										
Grupp B		xx				xx	x																																										
<p>Musiken upplevdes representera spelkaraktärens sinnestillstånd. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>xx</td> <td>xxx</td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>xx</td> <td>xxx</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A						xx	xxx	Grupp B						xx	xxx	<p>Musiken upplevdes representera spelkaraktärens sinnestillstånd. 1 = Instämmer inte alls, 7 = instämmer helt</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grupp A</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td>x</td> <td>xxx</td> </tr> <tr> <td>Grupp B</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>x</td> <td>xx</td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	4	5	6	7	Grupp A					x	x	xxx	Grupp B			x		x	xx	x
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A						xx	xxx																																										
Grupp B						xx	xxx																																										
	1	2	3	4	5	6	7																																										
Grupp A					x	x	xxx																																										
Grupp B			x		x	xx	x																																										