



BLEKINGE TEKNISKA HÖGSKOLA

BTH

---

Kandidatarbete i medieteknik, Institutionen för teknik och estetik, vårtermin 2023

# Ljudmiljö och interaktivitet: Designa och utveckla en audiell AAR-upplevelse

Peter Båth | Max Leitner

Handledare: Sebastian Hastrup

Examinator: Annika Olofsdotter Bergström

---

## **Abstract**

AR media or augmented reality has become increasingly prevalent in today's society, and more and more applications leverage the technology's ability to present digital 3D objects in the physical space, particularly in gaming. However, the auditory aspect, also known as audio augmented reality (AAR), has not received much attention despite its presence in various forms in our daily lives. From information systems that announce the arrival of the next train through speakers to museums that provide guided tours through buildings using headphones, AAR surrounds us almost every day. But how would a game be experienced and constructed solely using AAR? This article explores the construction of an interactive auditory gaming experience using Audio Augmented Reality (AAR). The focus is on analyzing the techniques employed to create this gaming experience entirely through AAR. Furthermore, the potential inherent in this medium as an inclusive experience for a broad audience is discussed. By exploring and analyzing the implementation of Dolby Atmos in the interactive auditory game "Ambience," this article contributes to the understanding of AAR as an innovative technology and its potential to create unique and accessible experiences for different users.

## **Keywords**

NOUS sonic, Audio Augment Reality, AAR, Audio, The physical room, Dolby Atmos,  
sound-ambience

## Abstrakt

AR medier eller augmented reality är en teknik som har blivit allt vanligare förekommande i dagens samhälle och fler och fler applikationer använder sig av teknikens förmåga att framställa digitala 3D-objekt i det fysiska rummet, framför allt inom spel. Trots detta har den auditiva delen, även kallad audio augmented reality (AAR), inte fått mycket uppmärksamhet, trots att den existerar i någon form runt omkring oss nästan dagligen. Allt från informationssystem som kan berätta via högtalare när nästa tåg anländer till museer som använder hörlurar för att ge guidade turer genom byggnader. Men hur skulle en interaktiv upplevelse byggas upp som endast använder sig av AAR? Denna artikel undersöker uppbyggnaden av en interaktiv audiell upplevelse med hjälp av Audio Augmented Reality (AAR). Fokus ligger på att analysera de tekniker som användes för att skapa denna upplevelse helt genom AAR. Vidare diskuteras den potentiella inneboende kraften i denna typ av medium som en inkluderande upplevelse för en bred publik. Genom att utforska och analysera implementeringen av Dolby Atmos i den interaktiva audiella upplevelsens ambiens, bidrar denna artikel till förståelsen av AAR som en nyskapande teknik och dess potential att skapa unika och tillgängliga upplevelser för olika användare.

## Nyckelord

NOUS sonic, Audio Augment Reality, AAR, Ljud, Fysiska rummet, Dolby Atmos, Ljudmiljö

## Introduktion

I dagens tid finns det flera olika medier och teknologier inom Augmented Reality (AR) som har förmågan att skapa och infoga digitalt visuella och auditiva element för människor i den fysiska världen. Dessa medier används på olika sätt, inklusive som hjälpmedel, visuella presentationer av projekt och inom underhållningsbranschen. Inom just underhållningsbranschen utnyttjas AR för att skapa interaktiva upplevelser. Genom att kombinera digitala effekter med den verkliga världen kan AR användas i spel, filmer och evenemang för att skapa fantastiska visuella och auditiva upplevelser för publiken. Trots detta har den auditiva faktorn varit underrepresenterad i vissa populära AR-applikationer.

Audio Augmented Reality (AAR) utgör en nyligen framträdande teknologi som möjliggör en auditiv förstärkning av den fysiska världen genom tillägg av digitala ljud- och musikelement i en individs omgivning. Denna teknologi innehar en mängd tillämpningar, såsom förbättrade kulturella och turistiska upplevelser samt hjälpmedel för personer med funktionsnedsättningar. Vidare kan AAR användas inom utbildningsområdet för att fördjupa förståelsen av olika ämnen genom tillförande av ljud- och musikelement till en fysisk miljö. På grund av sin nyliga framväxt och innovativa karaktär, pågår kontinuerlig utveckling inom AAR-området.

Detta projekt strävade efter att aktivt bidra till framstegen inom AAR genom att fokusera på att utforska och utveckla avancerade spatialiseringstekniker inom detta område. Genom att undersöka och experimentera med olika metoder för att skapa en optimal upplevelse av ljudmiljön inom AAR, var syftet med projektet att öka immersiviteten och användarens förmåga att interagera med den virtuella ljudvärlden. Genom detta projekt hoppades vi kunna främja och framskrida den övergripande utvecklingen inom AAR och därmed bidra till en mer sofistikerad ljudbaserad verklighetsförstärkning.

Genom att använda Dolby Atmos, (Rafaely et al., 2022) i samband med detta projekt, kunde en AAR-upplevelse skapas där användaren, med hjälp av endast ljud, transporteras till en annan värld. Detta eftersom Dolby Atmos är en teknik som låter en att bilda ljud i surround. Med hjälp av noggrann utformad ljuddesign och spatialisering kunde man ge användaren en

kontext som möjliggjort genomförandet av uppdrag i olika nivåer. Ljuddesignen guidade även gradvis användarna i AAR-upplevelsen genom olika scener och miljöer. Genom att dra nytta av Dolby Atmos-tekniken kunde ljudet placeras i en 2,5-dimensionell rymd och skapa en känsla av närvaro och immersion för användaren, vilket förstärkte den övergripande upplevelsen och ökade engagemanget och fördjupningen i den virtuella världen.

Inom filmproduktion används ljudspatialiseringsstrategier för att förstärka och erbjuda en fullständig upplevelse för publiken (Mercado, 2020). Dolby atmos utnyttjar högtalarplacering och objektbaserad spatialisering för att omsluta hela rummet tittaren befinner sig i, vilket möjliggör en exakt lokalisering av ljudkällor i scenen, även om de inte syns på skärmen. Vi tillämpade denna teknik i en fysisk akustisk installation. Spatialiseringpraktiker i fysiska miljöer är redan etablerade inom museibranschen och i levande installationer, som möjliggör realtids kreation och placering av ljudobjekt.

## Bakgrund & syfte

AAR tillämpas idag i installationer för att bidra med en mer immersiv, informativ och intressant upplevelse i realtid. Museum har till exempel börjat använda sig av hörlurar med positionssystemet för att berätta om konsten man tittar på och anpassar dialogen som spelas upp beroende på vilket konstobjekt man står framför.

AR spel är ett annat exempel på hur AAR kan tillämpas idag. Dessa spel använder sig av den fysiska världen som sin spelplan och formar det visuella och audiella i 3D för att skapa en mer immersiv upplevelse. Likt upplevelsen på museet, beror det man hör på vad man fysiskt gör eller är någonstans. Ett exempel på detta är det kända mobilspelet Pokémon Go, där man med sin mobiltelefon går runt i den fysiska världen och hittar digitala karaktärer. Man kan höra karaktärernas positioner och då i någon form erkänns det som en AAR-upplevelse.

I vårt arbete fokuserade vi på att skapa en interaktiv spatialiserad AAR upplevelse med hjälp av en teknik från NOUS Sonic, vilket är ett interaktivt ljudsystem som möjliggör kontroll av digitala ljud genom rörelse i det fysiska rummet. Systemet uppfattar ljud individuellt och interaktivt - betydligt bättre än vad någon ljudguide kan göra. NOUS Sonic-systemet förmedlar tredimensionella ljud- och multimedieupplevelser för museibesökare och är ett

verktyg för live-installation som möjliggör realtids skapande och placering av ljud-utställningar.

I samband med den nyliga framväxten av denna teknik strävade vi efter att identifiera och implementera de mest effektiva metoderna, i syfte att skapa en maximalt fördjupande och engagerande upplevelse. Därmed väcktes följande frågeställning: Hur kan Dolby Atmos-tekniker samspela med NOUSSonic och hur kan detta utnyttjas för att förbättra en AAR-upplevelse?

## Teoretisk ramverk

### Auditory spatial awareness

Blessner och Salter (2006) beskriver fyra aspekter av auditiv rumslig medvetenhet: Sociala attribut, Ljuduppfattning, Kulturella värderingar och personlig erfarenhet/historia. De förklarar hur uppfattningen av akustiska objekt och ytor kan ersätta synens funktioner vid navigering i mörka eller visuellt svåra utrymmen. Artikeln diskuterar också ljudmässig arkitektur, där auditiva händelser avslöjar rummet som de förekommer i. När ljud sker, integrerar den med de strukturer som omgivningen har. På så sätt kan människan "höra" rummet genom ljudkällorna som förekommer där. Vi ansåg att auditory spatial awareness och dess aspekter var en intressant teoretisk grund att utgå ifrån vid design av ljudkällor och utformning av det virtuella rummet de förekommer i, speciellt när det kom till att göra geometrin av det virtuella rummet förståelig utan visuell representation.

### Ambisonics

I artikeln "Perceptually motivated spatial audio reproduction in ambisonics format using magnitude-squared coherence" skriver Politis (2019) hur man kan skapa en verklighetstrogen känsla av rymd i ljudet med hjälp av ambisonics-formatet, en teknik använder sig av ljudets riktning och intensitet i ett sfäriskt symmetriskt koordinatsystem. Politis introducerar en ny metod för att återge ambisonics-ljud som tar hänsyn till både hörsel- och fysikbaserade aspekter av ljuduppfattning. Metoden bygger på beräkningar av magnitud-kvadrat-kohärens mellan högtalare i en multikanals ljudanläggning, och kan användas för att återge både stationära och rörliga ljudkällor med hög rumsupplösning och

verklighetstrogenhet. Studien visade på lovande resultat för att skapa en känsla av rymd och verklighetstrogenhet i ljudet med hjälp av ambisonics-formatet. Det fanns möjlighet att dra nytta av författarnas forskning för att uppnå en välutvecklad ljudmiljö, vilket omfattade adekvat användning av ljud med lämplig rumsakustik för att främja trovärdighet i vår NOUSsonic gestaltning.

### Relaterade & inspirations referenser

Sound Swarm (Kruining, 2017) är en innovativ konstinstallation som består av en samling högtalare som rör sig inom en specifik miljö. Installationen erbjuder en unik ljudupplevelse genom att använda högtalarnas rörelser för att generera skiftande och distinkta ljud. Detta projekt presenterar liknande utmaningar och begränsningar som förväntas uppstå inom ramverket för NOUSsonic som användes i vår AAR-upplevelse, eftersom båda försöker utforska samspelet mellan ljud, rum och rörelse. Ett begrepp som författaren tar upp är Inter-aural Level Difference, vilket ansågs vara viktigt för vårt projekt eftersom det syftar till den mänskliga uppfattningen av ljudens positionering och det sätt som huvudet blockerar ljud från en specifik riktning. Detta resulterar i en reducering av volym och dämpning av högfrekventa ljud, vilket gör det svårare att exakt bestämma källan till ett ljud som är nära kontra långt borta. Kruining diskuterar hur detta fenomen kan simuleras i hörlurslyssning, vilket erbjuder värdefull information om hur människan och dess anatomi kan avgöra ljudets positioner. Detta var något vi hade i åtanke under utvecklingen av vår AAR-upplevelse.

I artikeln "The Multidimensional Universe of Sound in games" av Johansson, & Lindahl (2022) beskriver författarna hur moderna ljudspatialiseringstekniker, särskilt Dolby Atmos, utmanar den traditionella idén om film. Genom att expandera ljudets möjligheter och ge tittaren en mer uppslukande upplevelse, blir det traditionella tv tittandet med hjälp av Dolby Atmos mer än att bara att titta genom ett fönster in i en annan värld. Eftersom syftet med AAR-upplevelsen var att göra något nyskapande, ansågs därför Dolby Atmos vara ett utmärkt verktyg för vad som försökte uppnås. Denna teknik använder objektbaserad spatialisering för att behandla ljudet som separata objekt som kan placeras i förhållande till lyssnarens position, oberoende av högtalarkanalernas positionering. Dolby Atmos introducerar också panorering i höjddled med hjälp av högtalare i taket.



Artikeln jämför också användningen av Dolby Atmos i film och spel och undersöker varför tekniken inte är lika vanlig inom spelbranschen som inom filmbranschen. En potentiell anledning som de kom fram till var hur användarsituationen skiljer sig mellan filmtittande och spel, där spelanvändare ofta använder hörlurar, istället för högtalare som är bättre anpassat för Dolby Atmos och dess funktioner. Artikeln beskriver också andra konkurrerande tekniker för ljudspatialisering som prioriteras av spelföretag, såsom binauralt ljud, som syftar till att simulera människans hörsel och återskapa känslan av detaljerat positionerat ljud genom hörlurar. Men eftersom NOUSSonic inte kan stödja denna teknik, valde vi att använda Dolby Atmos i vår AAR-upplevelse. För att kunna använda Dolby Atmos och dess fulla potential i hörlurar behövde vi dock hitta en egen lösning.

## Ljudtekniker

### Audio augmented reality

Audio augmented reality Gamper (2014) handlar om att förstärka ljudupplevelsen genom att lägga till virtuella ljudobjekt i den fysiska världen. Det kan ske genom användning av hörlurar eller högtalare. På så sätt kan AAR användare höra och uppleva ljud som om de är i rummet i realtid. ARR saknar de visuella element som förekommer i AR. Vid användning av AR kan användare se och interagera med datorgenererade objekt eller information som överlagras på den fysiska världen i realtid. Detta kommer användaren inte att uppleva i en AAR installation.

Tekniken för audio augmented reality innefattar ljudinspelning, ljudbehandling, spatial ljudreproduktion och interaktion med användaren. Det finns olika metoder och teknologier för att skapa audio augmented reality-upplevelser, inklusive head-related transfer function (HRTF), binauralt ljud och andra tekniker för att simulera hörselperception.

Audio augmented reality har potentialen att förbättra upplevelsen av ljudbaserade applikationer och skapa mer realistiska och engagerande ljudmiljöer. Forskning och innovation inom området strävar efter att förbättra ljudkvaliteten, den spatiala ljudupplevelsen

och interaktionsmöjligheterna för att skapa mer imponerande audio augmented reality-upplevelser.

## HRTF

HRTF, eller Head-Related Transfer Function, beskrivs vanligtvis som en frekvensresponsfunktion som representerar hur ljudvågor förändras när de passerar genom huvudet och öronen, baserat på ljudets riktning och frekvens. Denna förändring baseras på att huvudet och öronen fungerar som en komplex filterfunktion som påverkar amplitud- och fasförändringar i ljudvågorna beroende på ljudets inkommande riktning.

HRTF är därför en viktig del av akustisk modellering inom områden som virtuell verklighet, ljudsimulering och surroundljudteknik. Genom att använda HRTF kan ljud återskapas på ett sätt som liknar det naturliga sättet vi uppfattar ljud i den fysiska världen. Detta kan bidra till att skapa en mer realistisk och immersiv ljudmiljö för användare av dessa teknologier.

## Dolby atmos

Dolby Atmos är en ljudteknik som introducerades av Dolby Laboratories år 2012. Tekniken är utformad för att ge en mer realistisk och immersiv ljudupplevelse i biografer, hemmabiosystem och andra ljudbaserade underhållningsformat. Istället för att endast använda en begränsad uppsättning av högtalare runt om i rummet, som det traditionella surroundljudet, använder Dolby Atmos ett objektbaserat ljudsystem som kan placera ljudet i 2,5 dimensioner, vilket ger en känsla av djup och rörelse i ljudbilden. Det går dock inte att panorera ljud under lyssnaren, bara öronhöjd och uppåt.

Dolby Atmos kan alltså beskrivas som en ljudplattform som möjliggör en mer flexibel produktion av ljudinnehåll, med möjlighet att placera ljudobjekt i en tredimensionell rymd. Detta görs genom att använda metadata som beskriver ljudets position och rörelse, vilket gör det möjligt att placera ljudet precis där det behövs och förflytta det i rummet medan det spelas. Dolby Atmos-systemet kan sedan anpassa ljudet efter högtalarnas positioner i rummet, vilket möjliggör en mer precisionsbaserad ljudåtergivning och en mer realistisk ljudupplevelse. Tekniken används idag inom många olika områden, inklusive biografer, tv, musik och videospel.

## Sammanfattning av gestaltningen

Vår ursprungliga intention var att skapa en Audio Augmented Reality (AAR)-upplevelse med interaktiva element, och vi tog beslutet att utveckla en upplevelse som uteslutande baseras på ljud. För att skapa en sammanhängande upplevelse införde vi en genomgående röd tråd och en kortfattad storyline i upplevelsen. Vid diskussioner kring olika möjligheter, begränsningar och lösningar inom NOUS-Sonic-systemet anpassade vi upplevelsens koncept utifrån dessa faktorer.

Vi fastnade vid idén om en upplevelse där användaren tilldelas uppdraget att kopiera papper åt sin chef. Dock uppstår en oväntad händelse då kopieringsmaskinen teleporterar både användaren och sig själv till olika miljöer när användaren närmar sig den. Upplevelsen efterliknar en virtuell verklighetsupplevelse (VR) utan visuella element och är helt beroende av hur användaren lyssnar, förstår och drar slutsatser utifrån ljuden.

Genom att konstruera en komplex upplevelse med flera scener fick vi möjlighet att utforska olika spatialiseringstekniker inom Dolby Atmos. Dessa tekniker implementerades sedan inom NOUSsonic för att skapa en rik och engagerande ljudmiljö som förstärker användarens upplevelse och ger en känsla av fullständig närvaro.

## Information & metoder.

Gestaltningen för detta arbete gjordes tillsammans med Hannes Karlsson och Emil Persson "Ljudbaserad navigation i audio augmented reality (2023)" som har gjort en undersökning om kontext förmedling och navigation inom AAR. Deras arbete kan vara värt att läsa för att få en helhetsbild av gestaltningen i detta arbete.

## Designmetoder

### Funktionsanalys

Löwgren & Stolterman (2004) introducerade Landqvists metod, även kallad för funktionsanalys. Det är ett tillvägagångssätt för att kartlägga potentiella funktioner i ett system, i detta fall vår AAR-upplevelse, och sedan klassificera funktionerna baserat på deras nödvändighet för att systemet ska kunna uppfylla sitt syfte. I detta fall var syftet med AAR-projektet att skapa en unik upplevelse som möjliggjorde det för användarna att lokalisera sig i olika audiella miljöer. En funktionsanalys användes därför för att identifiera vilka funktioner som var användbara för att AAR-upplevelsen skulle kunna uppfylla detta syfte. Vi delade upp funktionerna i kategorier:

N: Är de funktioner som var nödvändiga för att gestaltningen skulle fungera.

Ö: Är de funktioner vi önskade kunna addera till upplevelsen, men dessa var inte nödvändiga för att göra upplevelsen funktionell.

?: Innebar att vi inte var säkra på om dessa funktioner skulle tillföra något till gestaltningen eller om vi hade kunnat hitta en annan lösning.

Skapa spatial awareness	N	För att användaren ska kunna intuitivt navigera det virtuella utrymmet behöver denne kunna skapa sig en uppfattning om geometrin i sin omgivning.
Spatialisera objekt	N	För att navigera i en 3D-miljö behövs riktade ljudobjekt för att användaren ska kunna förstå deras position i relation till objektet i fråga.
Förmedla relativ position	N	För att lättare kunna navigera miljön behövs "hållpunkter" i ambiensen som användaren kan utnyttja för att på ett mer exakt sätt förstå positionen av andra objekt i relation till hållpunkten.

Återge feedback	N	I respons till användarens aktioner behövs tydliga feedbackljud som förmedlar påföljderna av användarens interaktion med systemet.
Guida användaren	N	Ljudobjekten som på något sätt bidrar till progression behöver vara lockande för användaren. De behöver vara tydliga och sticka ut, antingen i sig själva eller i kontrast till omgivningen.
Skapa kontext	N	Användaren behöver i någon form få en förståelse för vad denne ska utföra i upplevelsen.
Interagera med Z-axeln	Ö	NOUS Sonic-systemet hanterar höjdbaserad information. Därmed hade det varit intressant att implementera mekaniker som utgår från detta.
Aktivera sekvenser	Ö	För att kunna göra mer intressanta interaktioner skulle vi behöva implementera triggers som är beroende av varandra. Till exempel att en box eller ett ljud inte aktiveras förrän något annat har hänt i scenen.
Implementera fysiska objekt	?	Integrationen av fysiska objekt för att lösa problem är en intressant ämne att utforska möjligheterna kring. Dock ska upplevelsen vara baserad på ljud, inte det visuella.

## Gestaltning

### NOUSsonic

NOUSsonic (<https://www.nousson.com/>) är ett audio augmented reality (AAR)-system som möjliggör för användare att uppleva ljud som om det kommer från en annan plats i rummet eller från en virtuell källa genom en kombination av riktad ljudsändning, positionsbestämning och digital signalbehandling. Systemet fungerar genom att antenner placeras ut i ett rum som med hjälp av UWB-teknik kan läsa av positionen på en eller flera personer som bär hörlurar med inbyggd mottagare. Systemet är framför allt byggt för digitalt guide turer i museimiljö.

Genom att använda NOUSsonic's konfigurationsapp på en IOS-enhet kan producenter placera ut boxar och sfärer som aktiverar ljud när man går in i dem, vilket liknar hur man arbetar i en spelmotor, till exempel Unity. NOUSsonic-systemet erbjuder möjligheter för avancerad spatialisering eftersom producenter kan placera ut boxar eller sfärer med ljud var som helst i tre dimensioner och sedan ytterligare placera var i boxen ljudet ska sändas från med hjälp av HRTF-teknik.

Vi undersökte och använde systemets olika funktioner och begränsningar för att visualisera vår AAR-upplevelse, inklusive dess funktion och utformning. Därefter skapade vi de första scenarierna med ambientljud och olika "farliga" ljud för att visa användaren var de inte ska gå. Vi delade upp ambiensen i olika ljudfiler och placerade dem i hörnen på rummet. Även om denna teknik fungerar för en statisk ambient ljudmiljö, ville vi utmana oss själva genom att skapa en mer dynamisk ambient ljudmiljö med rörliga ljudkällor. Detta kräver automatisering.

På grund av NOUS Sonic-systemets brist på automatisering, stötte vi på nya frågor, exempelvis om vi kunde mixa ambience från Dolby Atmos till NOUS Sonic. Vi utforskade detta genom att mixa ambiensen i Atmos och sedan placerade vi ut en specifik layout av ljudkällor i NOUS sonic för att uppnå vårt önskade resultat.

För att skapa en mer djupgående, interaktiv och spännande upplevelse användes "scene switcher"-objektet i NOUS sonic-systemet för att byta mellan scener. Utformningen av denna interaktionsfunktion gjordes på ett underhållande sätt, exempelvis genom att skicka användaren till en "Jail"-scen när den går fel, som de måste ta sig ut ur för att kunna ta sig vidare till andra scener.

## Koncept

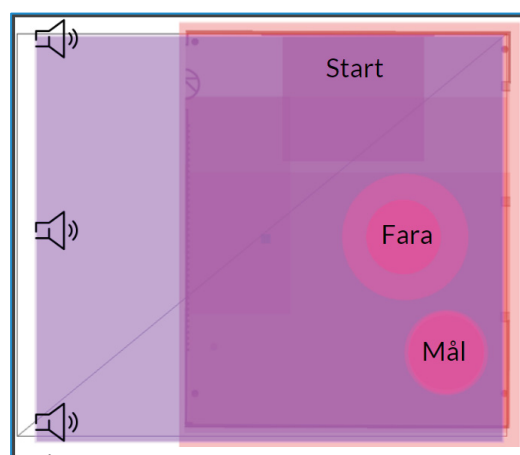
AAR-Upplevelsen består av sex scener varav fem av dem har olika miljöer och interaktions zoner. För att bygga ljudmiljöerna i de olika scenerna arbetade vi med Dolby Atmos objekt spatialisering. Vi utgick från en fast punkt i rummet och byggde sedan ljudmiljön utefter hur vi ville påverka användarens perspektiv av rummet.

- Den lila delen av bilderna representerar ambience området
- De röda markeringarna med texten "Fara" representerar interaktions zoner (Scene-Switches) där mitten av cirkeln skickar dig till "helvetet" -scen.
- De röda markeringarna med texten "Mål" representerar interaktions zonen som tar användaren till en ny scen.
- Högtalarikonen representerar de "Digitala högtalarna" som vi placerade ut i systemet.

(Se figur 1-5)

### Scen 1 (Kontor)

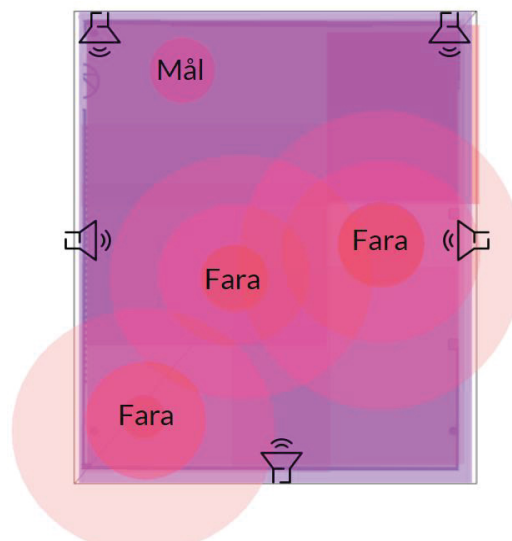
I den första scenen fokuserade vi på navigeringen i en ljudmiljö av enkel karaktär. Meningen var att förse användaren med kunskap om AAR-upplevelsen och dess mekanik. Vi konstruerade en kontorsmiljö där en karaktär (Chefen) gav instruktioner och tilldelade användaren ett mål att uppnå. En "besvärlig kollega" fungerade som en "fara" då kollegan pratade om oprofessionella ämnen. Till exempel att uppmana användaren att inte göra det chefen sa till användaren, utan i stället gå hem tidigare. Vi inkluderade också ett "lockande" ljud i form av en telefon, meningen med detta var att locka användaren bort från faran och mot ljudkällan som representerade målet. För att skapa en passande kontorsmiljö valde vi även att använda tre ambient ljudkällor som var placerade parallellt med väggen och utanför det fysiska rummet. Syftet var att simulera en större kontorsmiljö än vad det fysiska rummet faktiskt representerade. (Se figur 1)



Figur 1  
Visualisering av kontors scenen från Nousseonic configurator applikation.

## Scen 2 (Djungel)

I denna scen introducerade vi en mer abstrakt och "komisk" ljudmiljö. Detta gjorde vi genom att skapa en tropisk djungel med fler "faror" och en fylligare ambience. Här placerade vi ut ambient ljudkällor i de två översta hörnen av rummet och en i mitten av de nedersta. Vi arbetade utifrån Rafaely et al. (2022) ljudmixning teknik som beskriver hur man kan dra fokus till dialogen i en film genom att sänka ljudet runt om. För att bibehålla ambiensen i bakgrunden och inte överrösta kontext-ljuden i scenen sänks ambienceljuden till en nivå där de inte hamnade i fokus. Vi använde också två ljudkällor i mitten av varje långsida av rummet och placerade dem i taket för att simulera vind mellan trädtoppar. I denna scen blir även användaren påmind av chefen via en mobiltelefon om vad målet är. (Se figur 2)



Figur 2  
Visualisering av "djungel" scenen från Noussonic configurator applikation.

## Scen 3 (Jail "Helvetet" scen)

Scen 3 framträder som en fängelsescen, en plats dit användaren förs vid inträde i de "farliga" interaktionszonerna. Här konstruerades en ljudambians som avsåg skapa en påtaglig känsla av olust och besvär. Genom att noggrant positionera ljudkällor i varje hörn av rummet strävade vi efter att uppnå en totalt omfattande ljudmiljö. Syftet med denna åtgärd var att tydligt indikera för användaren att denna scen bör undvikas. Dessutom implementerades ett "spökligt" ljud i ambiensen, vars strömväg följde rummets konturer och tillförde därmed ytterligare dimensioner av föränderlighet till ljudambiansen. Här återfinns även en interaktionszon, som representeras av en fyrkant i den övre mitten, vilken återför användaren till scen 1 och därmed ålägger dem att på



Figur 3

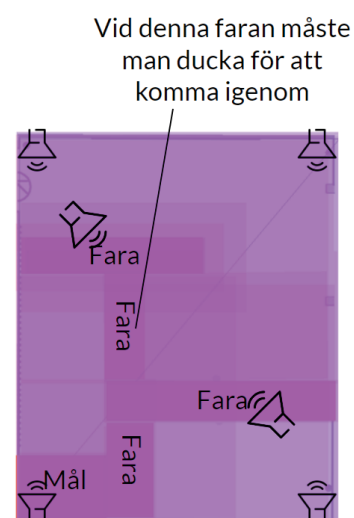
Visualisering av "helvetet" scenen från Noussonic configurator applikation.



nytt genomföra AAR-upplevelsen. Avsaknaden av omedelbara faror i denna scen återspeglar dess primära syfte, nämligen att ge användaren möjlighet att fortsätta utforska denna AAR-upplevelse efter att ha misslyckats att följa ljudsignaler i tidigare stadier. (Se figur 3)

#### Scen 4 (Krig)

I scen 4 återskapade vi en krigsmiljö som efterliknade en fältscen från tidigt till mitten av 1900-talet. I likhet med den tidigare scenen arrangerades ljudkällorna i varje hörn av rummet för att skapa en känsla av att omgivningen fylldes och efterliknade en utomhusmiljö. Därtill inkluderades ytterligare två ljudkällor placerade i taket av rummet för att simulera ljudet av flygplan som passerade över användaren med vissa intervall. Syftet var att ge scenens ljudambians en ökad dynamik och levande karaktär. För att ytterligare komplettera scenen placerades även ett hinder vid en av farorna. Hinderobjektet befann sig ungefär en meter ovan marknivå och tanken var att skapa en interaktionszon där användaren var tvungen att ducka för att kunna fortsätta framåt i scenen. (Se figur 4)



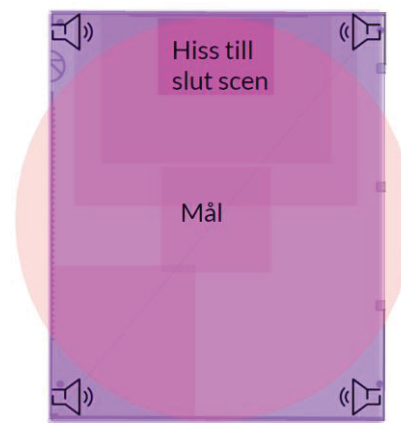
Figur 4

Visualisering av "krig" scenen från Noussonic configurator applikation.

#### Scen 5 (Himlen)

Scen 5 innefattar en avslutande gestaltning där användaren, utan att möta några hinder, äntligen når kopieringsmaskinen. För att förmedla en känsla av eufori och belöning skapades en särskild ljudambians. En symbolisk representation av "himlen" simulerades genom en grind som öppnades i inledningen av scenen. I mitten av rummet placerades kopieringsmaskinen, och när användaren närmade sig maskinen återgavs ljudet av

dokumenterna som slutligen skrivs ut, vilka utgjorde uppgiften från gestaltningens början. Ljudkällor placerades strategiskt i varje hörn av rummet för att fylla hela utrymmet med den euforiska ambiensen. Dessutom inkluderades änglaliknande röster som cirkulerade runt rummet för att förstärka den övergripande stämningen. För att komma vidare i AAR-upplevelsen introducerades en hiss som för användaren till den avslutande scenen, "Credit scenen". (Se figur 5)



Figur 5

Visualisering av "himlen" scenen från Nousseonic configurator applikation.

### Scen 6 (Credits)

Denna scen är till för att ge en bekräftelse till användaren och att tacka för att ha testat vår gestaltning. Den är byggd utifrån scen 1 (Kontor scenen) med samma uppsättning av ambiens. Vi ändrade endast dialogen från chefen till något som bekräftade att användaren har slutfört uppgiften.

## Forskningsmetoder

För att utvärdera gestaltningens användarupplevelse utfördes ett kvalitativ användartest med fyra deltagare från programmet "Digital Ljudproduktion" vid Blekinges Tekniska Högskola. För att kunna ha diskussion om gestaltningens olika aspekter på ett djupare plan, bestod användarna av erfarna ljudstudenter. Testerna bestod av tre delar: Observation, enkätfråga och intervju. Testerna spelades in med ljud och bild efter användarens godkännande.

### Användartester

Vi använde oss av användartester som har använts sedan 70-talet (Bailey, 1972). I ett tidigare test av Lewis (1982), använde man något som kallades "thinking-aloud"-

metoden. Denna metod innefattar en användare som testar produkten medan de verbalt säger vad de tänker och utvärderaren lyssnar och observerar användarens användning av produkten. I vårt fall var detta inte en produkt, utan mer en upplevelse i en installation. De grundläggande fyra delarna vi använde i användartestet var:

**Instruktion och mål:** Användaren interagerar med installationen med grundläggande instruktioner och enkla uppgifter som är förberedda före testet. Instruktioner om hur man tänker högt ska också ges till användaren. Uppgifterna föreskriver vad användarna ska försöka uppnå med installationen. Därmed säkerställer arbetsuppgifterna att användarna utövar installationen korrekt.

**Exempel:** En användare får instruktioner om hur man använder en virtuell verklighetsapplikation som visar olika platser runt om i den virtuella världen. Användaren får sedan uppgiften att navigera till en specifik plats som anges av testledaren. Under tiden uppmanas användaren att tänka högt och beskriva sina tankar och upplevelser när de använder applikationen. Uppgiften är utformad för att se om användaren kan interagera med applikationen på ett korrekt och effektivt sätt, och för att samla in feedback på användarupplevelsen.

**Verbalisering:** Medan användarna utför uppgifterna uttalar de sig verbalt om deras tankar. Uttalandet avslöjar hur användaren förstår och upplever installationen. Om användaren är tyst i en längre period ska den uppmanas att fortsätta prata. Användaren kan också bli förfrågad om varför de tvekade, vad de förväntade sig och hur de summerar upplevelsen.

**Exempel:** En interaktiv installation i ett museum låter besökarna utforska en virtuell stad. För att testa hur användarvänlig installationen är, genomförs ett användbarhetstest med hjälp av instruktioner och mål. Ett antal besökare väljs ut och får grundläggande instruktioner om hur de ska interagera med installationen. Man förklarar också vad som förväntas av dem under testet och vad deras uppgift är. Efter att besökarna har gått igenom instruktionerna, får de en serie uppgifter att utföra under tiden de interagerar med installationen. De kan till exempel få i uppgift att hitta ett specifikt landmärke i den virtuella staden eller navigera till en viss plats. Under testet uppmanas även besökarna att tänka högt. Användarna ombes alltså att beskriva

sina tankar och känslor under tiden de utför uppgifterna. Verbalisering hjälper alltså skaparen av installationen att identifiera eventuella problemområden eller hinder som kan förhindra en smidig användarupplevelse. Detta kan vidare förbättra användarupplevelsen för framtida besökare.

**Läsa användaren:** Utvärderaren observerar användarens interaktion med produkten och lyssnar på deras tankar. Utifrån detta analyserar utvärderaren hur väl produkten stödjer användarna i att utföra uppgifterna. Denna analys resulterar i identifiering, beskrivning och rapportering av en uppsättning användbarhetsproblem.

*Exempel:* Man observerar användarnas interaktion med utställningen och analyserar deras upplevelse av den. Testet fokuserar på att identifiera användbarhetsproblem, till exempel om användaren har svårt att navigera genom utställningen eller om teknologin inte fungerar som den ska. Genom att identifiera dessa problem kan designen av utställningen förbättras för att bättre stödja användarna och deras upplevelse av den interaktiva installationen.

**Relation mellan användare och utvärderare:** Det är utvärderarens ansvar att skapa en miljö för användaren där hen kan använda installationen och fritt uttala sina positiva och negativa kommentarer.

*Exempel:* Utvärderaren kan förklara för användaren att de bara testar applikationen och att det inte finns några rätta eller fel svar, utan att deras feedback är värdefull för att förbättra applikationen. Genom att skapa en sådan miljö, kan användaren känna sig bekväm att uttrycka sina tankar och känslor om applikationen och ge värdefull feedback till utvärderaren.

### Frågeformulär för användarupplevelse

Vi använde oss av en enkät från ueq-online (2023) för att bedöma användarupplevelsen av gestaltningen. Enkäten innehöll frågor som var utformade för att mäta olika aspekter av användarupplevelsen, inklusive användbarhet, effektivitet, tillfredsställelse och attraktivitet. Resultatet av enkäten kan sedan jämföras med en databas för att få ut värden och genom dessa värden kan man få en uppfattning av hur väl användarupplevelsen kvaliteten är. (Se bilaga A)

## Bilaga A

Hindrande	o o o o o o o o	Stödjande
Komplicerad	o o o o o o o o	Enkel
Ineffektiv	o o o o o o o o	Effektiv
Förvirrande	o o o o o o o o	Tydlig
Tråkig	o o o o o o o o	Spännande
Ointressant	o o o o o o o o	Intressant
Fantasilös	o o o o o o o o	Uppfinningsrik
Bakåtsträvande	o o o o o o o o	I framkant

Användaren skulle utgå ifrån gestaltningen som en helhet när dem fyllde i enkäten, med undantag från de förekommande systembuggarna. För undvika missförstånd, befann vi oss tillsammans med användaren när de fyllde i enkäten. På så sätt kunde vi besvara eventuella frågor, ge exempelvar och förklara de semantiska differentialerna i enkäten. Genom resultatet kan vi få svar på två aspekter: "Pragmatic quality" och "hedonic quality". Dessa två aspekter kan sedan tillsammans visa hur väl vi lyckas skapa en produkt och var det finns rum för förbättring.

Pragmatisk kvalitet, även kallad användbarhet kvalitet, fokuserar på hur effektivt en produkt kan utföra de uppgifter den är utformad för. Detta inkluderar faktorer som funktionalitet, tillförlitlighet, användarvänlighet och prestanda. En produkt med hög pragmatisk kvalitet är effektiv, pålitlig och lätt att använda för sin avsedda funktion. Hedonisk kvalitet, däremot, fokuserar på hur väl en produkt tillfredsställer kundens emotionella, estetiska behov och preferenser. Detta inkluderar faktorer som estetisk design, känsla av lyx, underhållningsvärde och upplevelser som förmedlas av produkten. En produkt med hög hedonisk kvalitet är attraktiv, rolig och ger en positiv upplevelse för kunden.

### Intervju

Efter utfyllnaden av enkäten genomfördes en semistrukturerad intervju i öppet format med följande frågor:

- Vad var målet med spelet? Hur kom du fram till detta?
- Skulle du kunna beskriva mekanikerna av spelet?
- Hur upplevdes det att navigera i spelet? Vad hjälpte/inte hjälpte dig i detta?

- Audiell feedback
- Urskiljbarhet
- Positionell uppfattning

Ytterligare iakttagelser och noteringar som gjordes av observatörerna under användartestet diskuterades även.

Intervjun hade som huvudsakligt mål att främja en dialog kring deltagarnas upplevelser av gestaltningen. Genom att använda en utforskande metodik strävade vi efter en djupgående förståelse av de underliggande orsakerna till att deltagarna upplevde olika aspekter av gestaltningen på det sätt de gjorde.

### Utföring av test

Testerna utfördes i denna ordning: Observation, UEQ Enkät och intervju. Vi valde även att göra testet två gånger. Detta innebar att samma användare fick testa gestaltningen efter de ändringar som gjorts efter första testet. Då utfördes även observation, UEQ Enkät och intervju en gång till.

#### Test 1

Vid test 1 lät vi låta 4 personer testa gestaltningen tills de fått en förståelse av systemet och klarat minst 3 av scenerna. Testet är gjorda för att få en inblick i hur gestaltningen upplevs för användaren och audiella åsikter om diverse ljud. Se testfrågor A som visar hur vi utförde test 1.

### Testfrågor A

Del 1: Observation & “thinking out loud.”

1. Be testpersonen om tillåtelse att spela in testet och följande intervju i syfte att kunna gå tillbaka senare för att analysera deras agerande och beskrivningar.

## 2. Ge instruktioner för testet

- Systemet de kommer använda uppfattar deras huvudposition i tre dimensioner: längd, bredd och höjd. I rummet finns ljud utplacerade som testpersonen kan lyssna på och/eller interagera med genom att gå till dem.
- Gestaltningen testpersonen kommer att testa är ett ljudbaserat spel. Deras mål är att klara spelet. Testpersonen uppmanas att använda sig av ljuden runt omkring dem för att undvika hinder och utföra uppgiften som spelet ger dem. Testpersonen uppmanas att ta det lugnt och inte stressa igenom spelet, vikten ligger inte på att klara spelet så snabbt som möjligt.
- Testpersonen uppmanas att konstant uttrycka sina tankar under tiden de spelar spelet, det spelar ingen roll vad det är så länge det relaterar till deras upplevelse. Detta innefattar att beskriva deras uppfattning vad som sker i spelet, om de stöter på problem etc.
- Testpersonen informeras om att en intervju kommer att ske efteråt.

3. Båda grupperna (4 personer) deltar vid testet. En person kommer vara ansvarig för inspelningen under hela sessionen. Två personer, en från vardera grupp, kommer att agera observatörer, där en kommer att vara den huvudsakliga moderatorn av observationsdelen av testet. Moderatorns ansvar är att sköta kommunikationen med testpersonen. De två observatörernas uppgift är att notera relevanta observationer de gör under testet, till följd av testpersonens agerande och verbaliserade tankar. En person kommer vara ansvarig för att primärt notera datapunkter som vi vill få ut. Detta innefattar främst deras interaktion med hindren. Hur många gånger "dör" de till hindren, och i så fall till vilket? Hur många gånger går de in i hindrens "faroazoner" och sedan går därifrån. Detta för att lättare kunna klarlägga dessa aspekter. Här innefattar även om testpersonen behöver ledtrådar eller hjälp på något sätt från moderatorn, hur ofta detta i så fall behövdes och vad det relaterade till.

## Del 2: Intervju och enkät

1. För att få information om testpersonens generella användarupplevelse bes testpersonen att genomföra en användarenkät kallad (se punkt 2.). Intervjun kommer att föras på ett mer ostrukturerat sätt. Båda grupperna har i förväg framtagna frågor och samtalspunkter relaterade till deras arbete, som behöver besvaras under intervjun. Dessa kommer primärt vara i öppet format. Noteringar som gjorts under observationen kommer även att användas här för att djupare diskuteras under intervjun. Skulle intressanta diskussioner eller punkter komma fram under intervjun som går utöver frågorna kommer dessa utforskas. Intervjun kommer att spelas in och föras anteckningar på.

2. Gruppöverskridande frågor

- Har du tidigare erfarenhet av datorspel eller audio games?
- Hur skulle du generellt beskriva din upplevelse av spelet? (enkät)

3. Specifika frågor

-Hur upplevs de olika miljöerna, hur uppfattade du dem?

-Hur upplevde du interaktionen med systemet?

-Känns det naturligt att använda den gestaltningen?

Under användartestningen framkom individuella frågor som vi ställde till varje enskild användare i efterhand för att få ytterligare insikt i gestaltningens effektivitet.



## Test 2

Inför test 2 bjöd vi in samma personer som deltog i det första testet. Vi lät dem gå igenom hela gestaltningen efter de ändringar som gjorts utifrån feedbacken från det första testet. På så sätt kan vi se om de genomförda förbättringarna lett till en bättre användarupplevelse och om det finns ytterligare åtgärder som kan vidtas. Se testfrågor B som visar hur vi utförde test 2.

## Testfrågor B

### Del 1: Enkät & diskussion

Enkätundersökning (UEQ) med fokus av de pragmatiska delarna “Samma enkät med undantag från de 4 sista”.

- Varför svarade de som de gjorde på de två punkterna?

### Del 1: Dialog

Öppen dialog för att få feedback för de ändringar vi gjort sen senaste testerna.

- Krigsscenen över lag, funkar duckningssekvensen, elden ledande ljud bättre?
- Är kollegan tydligare?
- Apor/vattenfall-sekvensen, hur upplevs den?
- Tydligare buskage och tiger, funkar det bättre?

## Resultat

### Test 1

#### Observation

Vid observering av användarna under upplevelsens gång noterades deras förmåga att uppfatta placeringen av faror allteftersom de drabbades av dem i början av gestaltningen. Under observationen framträdde tydligt hur två av användarna aktivt inhämtade den audiella informationen som AAR-upplevelsen tillhandahöll och sedan använde denna information för att fatta beslut om hur de skulle fortsätta. De andra två användarna visade en mer passiv informationsupptagning och försökte i stället undvika farorna genom att snabbt ta sig igenom scenerna, vilket oftast resulterade i att de var tvungna att försöka igen. Vi kunde även se hur vår ljudanläggning med flygplanet gav uppmärksamhet och hur användarna följde med blicken i taket och visualiserade flygplanet i krigsscenen.

#### Intervjun

Alla de fyra användarna hade mycket erfarenhet av datorspel men majoriteten hade aldrig testat en AAR-upplevelse tidigare. Redan i scen 1 förstod användarna att målet med gestaltningen var att "Hitta kopieringsmaskinen" och vid "Scen 2" när "chefen" ringde för att påminna användaren om sitt mål, förstod dem också att kopieringsmaskinen var den röda tråden genom hela upplevelsen. Det var dock svårt för två av användarna att förstå interaktions möjligheterna med gestaltningen. Det var även svårt för alla användare att avgöra ifall den första faran i scen 1 var farlig eller inte. En del användare uppfattade flygplanet i "scen 4" som hotfullt. Det var dock inte meningen att flygplanet skulle framstå som en fiende utan det var tänkt att ingå som en del av AAR-upplevelsens audiella-bakgrund. För att undvika denna missuppfattning utfördes en justering av ljudmixningen för att integrera flygplanet på ett mer passande sätt i gestaltningens ljudbild.

Ambiensen i alla scener var tydliga, uppfattbara och uppskattade från de flesta användare. Vi fick kritik från en av användarna som önskade en addering av vertikal ambiens i djungel scenen för att definiera platsen tydligare. En av användarna rapporterade att han uppfattade helvetes-scenen som en grotta. Detta kan ha berott på att eld-loopen som användes för att signalera att man befinner sig i "helvetet", upplevdes som droppande vatten, på grund av de

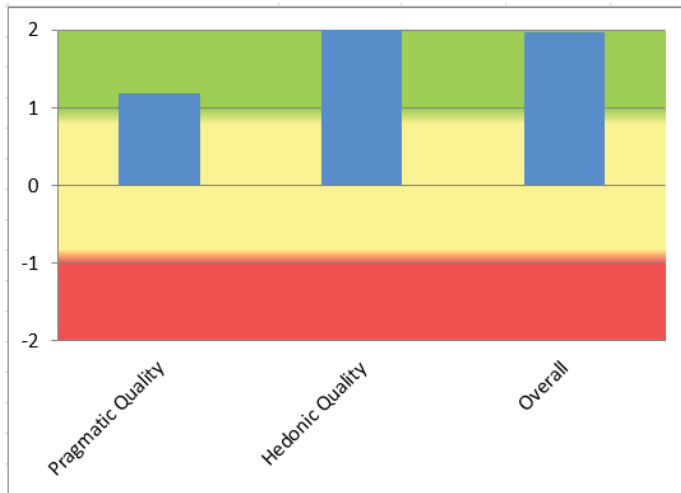
kamfilter som uppstod när ljudloopen spelades upp samtidigt i flera kanaler. För att lösa detta problem delade vi upp eld-loopen i separata ljudfiler och sedan placerade vi dem i de olika kanalerna. Därmed kunde varje ljudfil hanteras individuellt och kamfiltereffekterna kunde undvikas. Detta förbättrade uppfattningen av scenen bättre.

## Användarenkät

Utifrån resultaten från enkätundersökningen kunde man tolka medelvärdet av aspekterna: pragmatisk kvalitet och hedonisk kvalitet. Värden mellan -0,8 och 0,8 representerar en neutral utvärdering av motsvarande skala. Värden  $> 0,8$  representerar en positiv utvärdering och värden  $< -0,8$  representerar en negativ utvärdering. Medelvärdet för skalorna kan tolkas som positiva, negativa eller neutrala. Skalornas omfång är mellan -3 och +3, men i verkliga tillämpningar observeras vanligtvis endast värden inom ett begränsat område på grund av olika svarstendenser. Därför kan ett relativt bra värde på +1,5 för en skala inte verka så positivt som det egentligen är när man ser det på en skala från -3 till +3.

Item	Mean	Variance	Std. Dev.	No.	Negative	Positive	Scale	
1	↑ 2,0	0,0	0,0	4	Hindrande	Stödjande	Pragmatiska kvaliteter	
2	→ -0,3	3,6	1,9	4	Komplicerad	Enkel	Pragmatiska kvaliteter	
3	↑ 2,3	0,9	1,0	4	Ineffektiv	Effektiv	Pragmatiska kvaliteter	
4	→ 0,8	2,3	1,5	4	Förvirrande	Tydlig	Pragmatiska kvaliteter	
5	↑ 3,0	0,0	0,0	4	Tråkig	Spännande	Hedoniska kvaliteter	
6	↑ 2,8	0,3	0,5	4	Ointressant	Intressant	Hedoniska kvaliteter	
7	↑ 2,8	0,3	0,5	4	Fantasilös	Uppfinningsrik	Hedoniska kvaliteter	
8	↑ 2,5	0,3	0,6	4	Bakåtsträvande	I framkant	Hedoniska kvaliteter	

Tabell 1



Tabell 2

Utifrån resultaten av dessa tester kunde man konstatera att de fyra användarna uppfattade gestaltningen som stödjande, spännande, intressant, uppfinningsrik och i framkant för en upplevelse (Se tabell 1). Detta indikerade att användarna fann gestaltningen mycket underhållande och önskvärd att uppleva. Trots detta visade resultaten också på att gestaltningen uppfattades som något komplicerad och förvirrande. Det fanns dock en betydande variation mellan dessa två aspekter, vilket antydde att användarnas upplevelse av gestaltningen varierade i hög grad i dessa kategorier.

Sammanfattningsvis bedöms gestaltningen från första testet i hög grad vara av hedonisk kvalitet och något mindre i pragmatisk kvalitet (Se tabell 2). Men det fanns också vissa utmaningar relaterade till användarupplevelsen i form av komplexitet och förvirring.

## Test 2

Testresultatet från det andra testet bekräftade att våra ändringar hade en positiv inverkan på den pragmatiska kvaliteten hos användarupplevelsen då den gick från ~1.2 till 1~1.8 (Tabell 2 & tabell 4). Jämfört med det första testet, där gestaltningen uppfattades som komplicerad och förvirrande, betraktades den nu som enklare och tydligare (Tabell 1 & tabell 3). Intervjuerna avslöjade två faktorer som bidrog till den ökade positiva uppfattningen. För det första hade användarna nu mer erfarenhet av gestaltningen och därigenom en bättre förståelse för hur den fungerade. För det andra hade de ändringar vi gjorde förbättrat

navigeringen och ljudmiljön, vilket ökade tydligheten ytterligare. Förutom dessa punkter fick vi bara några få återkopplingar angående vissa ljud där ljudnivån kunde justeras något.

Item	Mean	Variance	Std. Dev.	No.	Negative	Positive	Scale
1	↑ 2,0	0,0	0,0	4	obstructive	supportive	Pragmatic Quality
2	↑ 1,0	2,0	1,4	4	complicated	easy	Pragmatic Quality
3	↑ 2,5	0,3	0,6	4	inefficient	efficient	Pragmatic Quality
4	↑ 1,8	0,3	0,5	4	confusing	clear	Pragmatic Quality

Tabell 3

Short UEQ Scales	
Pragmatic Quality	↑ 1,813

Tabell 4

Genom att analysera resultaten från enkäterna och intervjuerna kunde vi tydligt se att vårt arbete har genererat en betydande uppskattning och en positiv användarupplevelse. En av de faktorer som bidrog till detta var vårt arbete med ljudmiljön i dolby atmos objekt spatialisering och implementeringen av Rafaely et al. (2022) för att skapa en realistisk atmosfär kring kontextljuden i scenerna samt att vi höll oss till funktionsanalysen. Dock kom vissa delar av funktionsanalysen inte med, såsom aktivera sekvenser vilket hade tillfört ett sett av mål att klara i scenerna innan man kunde bege sig till nästa scen. Samt fick inte möjligheten att implementera fysiska objekt som en interaktions funktions vilket hade tillfört en fysisk feedback till användaren i samband med deras progression i scenerna. Med hjälp av Dolby Atmos precisa objektspatialiseringssystem har vi kunnat producera en välgjord ambience utan att interferera med andra ljud som är vitala för AAR-upplevelsens progression.

## Testerna

Testerna utfördes av fyra användare. Dessa var studenter som studerade digital ljud-produktion. Det är viktigt att nämna att detta kan ha påverkat resultaten då dessa användare har studerat ljud. Därmed kan de ha fokuserat på ljudet på ett annat sätt och det

finns en möjlighet att de bedömde kvaliteten på ett djupare plan. För att erhålla en mer heltäckande och allsidig bedömning av användarupplevelsen, hade det varit fördelaktigt att genomföra ytterligare kvantitativa undersökningar där individer med olika bakgrunder inom spel och ljudupplevelser deltog i testningen av gestaltningen. Genom att inkludera en bredare demografisk och intressentgrupp, hade man kunnat få en mer mångsidig bild av användarnas upplevelser och preferenser. Detta hade kunnat bidra till en mer heltäckande bedömning och vidareutveckling av gestaltningen.

## Gestaltning

Ambiensen spatialiserade i en digital form i Nous Sonic-systemet där antal ”digitala högtalare” sattes ut beroende på mixningen från Dolby Atmos. Ett intressant framtidskoncept är att se hur upplevelsen hade varit ifall man byggt upp ambiensen i fysiska högtalare runt rummet, i stället för i användarnas hörlurar. Interaktionen för gestaltningen var i detta stadie väldigt enformigt, att addera flera interaktionen såsom tidsbaserade interaktioner, hastighets interaktioner eller fysiska objekt som bidrar med händelser i de rumsliga är lite olika potentiella appliceringar som man skulle kunna addera.

## Begränsningar

NOUS Sonnic-systemet är i sig ett väldigt nytt och ofärdigt system som konstant uppdateras och förbättras. Detta märktes starkt i vår gestaltning. Automationen i konfiguratoren kunde bara ändra amplitud på ljudvolymen beroende på hur långt ifrån en ljudkälla användaren befann sig. Om vi hade kunnat automatisera ljudfrekvens-spectrum med equalizer och reverberation beroende på avstånd, skulle ljudet ha kunnat uppfattas som mer verklighetstroget när användarens placering ändrades. Därför är AAR-systemet inte särskilt komplett.

Man har även konstaterat att läsningen av positionen längs z-axeln påverkades av närheten till väggytor. Orsaken härtill kunde härledas till det trianguleringsbaserade systemet för positionsavläsning, som vid närhet till väggytor led av otillräcklig marginal från de antenner som var monterade på dessa ytor för att möjliggöra en exakt avläsning av positionen längs z-axeln. En möjlig lösning på detta fenomen hade kunnat vara att komplettera det befintliga

antennsystemet med ytterligare antenner som monteras över eller under de redan existerande antennerna. Emellertid har detta problem adresserats på ett annat sätt genom att i stället utnyttja förändringarna längs z-axeln i mitten av rummet där det finns en mer tillförlitlig indikator på position. Vi hade erfarenheter av signifikanta programkrascher i IOS-spelapplikationen, vilket beror på bristande RAM-kapacitet i de lånade NOUS-iPoderna.

## Diskussion

Syftet med vårt projekt var att skapa en unik upplevelse som endast använde sig av ljud för att vägleda användarna genom olika scener. Till hjälp använde vi oss av några olika teorier som kunde guida oss genom denna process. Som (Blessner & Salter, 2006) skriver har människan inte kunnat skapa ljudmiljöer i denna utsträckning tidigare. Ljud är mycket komplext och det är mycket svårt att försöka efterlikna en miljö med hjälp av ljud på samma sätt som en målare kan återskapa miljöer med hjälp av färg. Men eftersom människan omringas av ljud, har man ändå någon typ av personlig förståelse för ljud. Det är detta som gör att man kan orientera och identifiera källan bakom ljudet endast genom att höra det. När vi skapade kontorsrummet kunde vi alltså med hjälp av personlig erfarenhet komma på vilka ljudelement som passar in i ett kontor och hur de bör låta. Det är till exempel oresonligt att en AC ska höras tydligare än den jobbiga arbetskollegan. Detta var något vi diskuterade under designen av denna upplevelse. Dessutom får man inte glömma målet med vårt projekt, att kunna vägleda användaren genom olika scener med hjälp av ljud. Därav kommer även en annan viktig aspekt med ljuddesignen in, nämligen vad vi vill framhäva som viktigt eller mindre viktigt. En AC i scenen är inte viktig för att nå målet, alltså finns det inget syfte med att distrahera användaren med en AC som är för högljudd och på så sätt missvisar användaren. Detta var också något vi lärde oss efter att användarna fick testa upplevelsen.

I vårt fall hade vi byggt de olika miljöerna baserat på egen erfarenhet och uppfattning av miljöerna, vilket visade sig vara problematisk vid två tillfällen då ”Helvetets” scenen och ”Djungel” scenen, där den första uppfattades som en kloak med droppande vatten och den sistnämnda en liten skog. Detta var inte de ljudmiljöerna vi ville förmedla då vi ville att ljudmiljön i ”Helvetes Scenen” skulle låta som att man var omringad av eld och ”andliga” röster och därav tyder på att du är i ”Helvetet”, ett ställe man vill ta sig ifrån. Korrigering av

Djungelmiljön bestod av att addera ett till lager av vind-ljud som placerades i taket av "Djungel scenen", vilket bidrog till att det som tidigare upplevts som en mindre skog nu kändes större till ytan och därav mer som en djungel. Korrigeringen av "helvetets" scenen var betydligt svårare då uppfattningen av hur en sådan plats upplevs visar sig vara subjektivt, samt att NousSonic systemets processering av "Helvetes scenens" ljud skapade artefakter som ändrade ljudet och fick det att låta som droppande vatten. Vi kunde eliminera dessa artefakter något genom att separera ljudfilerna till de olika "digitala högtalare". Tidigare hade vi samlat mixen av ljud som skulle representera helvetet i två ljudfiler, men när problemet uppstod var vi alltså tvungna att mixa om ljudet och ändra på ljudnivåerna något och sedan dela upp dessa i fyra ljudfiler. Dock kunde vi inte åstadkomma en total eliminering av artefakten. Detta förstörde dock inte längre temat av scenen och vi fick bra respons av den uppleva miljöuppfattningen under senare tester och intervjuer. Användarna förstod att de var en plats som de skulle försöka ta sig ut ur och hålla sig borta ifrån.

Vi valde att fokusera på den audiella aspekten eftersom vi var av den åsikt att den digitala utvecklingen inte lägger lika stor vikt vid AAR-upplevelser som när det kommer till VR. Inspirationen kom från inställningar som Sound Swarming (Kruining, 2017), som visade den potential AAR har inom underhållning och utbildning. Efter att ha läst "The Multidimensional Universe of Sound in games" av Johansson, & Lindahl (2022) och hur ljudspatialeringstekniker som Dolby Atmos kan skapa mer inlevelserika upplevelser, kände vi även behovet av att anta utmaningen att använda Dolby Atmos i samspel med NOUSSonic. NOUSSonic var en mycket viktig byggsten i skapandet av denna upplevelse eftersom NOUSSonic använder sig av ambisonics-formatet. Detta är en teknik som (Politis, 2019) anser kan hjälpa en att skapa en verklighetstrogen känsla av rymd. Vi använde oss av hans metod eftersom den tar hänsyn till hörsel- och fysikbaserade aspekter av ljuduppfattning, vilket var något vi också behövde ta hänsyn till i vår gestaltning. Eftersom användaren ska kunna röra sig genom rummet och höra ljud i relation till deras position, behövde vi också använda oss av stationära och rörliga ljudkällor, vilket Politis metod tillät. Problemet som uppstod var dock att, som (Kruining, 2017) nämnt, Dolby Atmos ljudspatialiseringsteknik inte är lika effektiv i hörlurar, vilket var den tänkta givaren vi tänkt använda. Men genom att återskapa den uppsättning högtalare som existerar i Dolby Atmos i NOUSSonic systemet, kunde vi efterlikna den ljudmiljö och inlevelse som tv-tittare upplever när Dolby Atmos ljudspatialiseringsteknik används i samband med den tänkta givaren, högtalaren. Anledningen



till varför vi behövde skapa detta samband mellan Dolby Atmos och NOUSSonic var att vi behövde NOUSSonics positionssystem för att förbättra Politis metod. Utan detta system hade AAR-upplevelsen inte blivit lika immersiv och användarna hade inte kunnat höra de ljudskillnader som vägleder dem genom scenerna, samt inte kunnat interagera med upplevelsen. Utifrån resultaten anser vi att gestaltningen lyckades med att ge användaren en positiv, interaktiv AAR-upplevelse. Vi ser även utvecklingsmöjligheter och stor potential med denna teknik. Det hade till exempel varit intressant att se hur andra audiella installationer och upplevelser skulle kunna appliceras i flera miljöer och verksamheter. De metoder och teorier vi använt oss av under utformandet av denna upplevelse anses vara relevanta och skulle kunna fungera som ett ramverk för framtida mediatekniker för skapelser av interaktiv audiella installationer.

### Slutsats

Vi utvecklade en audio augmented reality (AAR) upplevelse med hjälp av NOUSSonic-systemet. Vi skapade en AR-upplevelse baserat på ljud där användaren fick i uppdrag att kopiera papper till sin chef, men kopieringsmaskinen teleporterar sig själv och användaren till olika miljöer när de kommer nära den. Genom att använda NOUSSonic-systemet kunde vi skapa en fyllig och immersiv ljudmiljö som förstärkte användarens upplevelse.

Arbetet innefattade olika scener och miljöer, inklusive kontor, djungel, fängelse, krig, himmel och slutscen, och använde Dolby Atmos objekt spatialisering för att bygga upp ljudmiljöerna. Vi använde även olika tekniker och metoder för att utforska och implementera ljudambience och interaktionszoner i AAR-upplevelsen.

För att förbättra användarupplevelsen utnyttjade man också användartester och "thinking-aloud"-metoden samt en enkät från UEQ. Genom dessa tester kunde vi utvärdera användarnas interaktion med installationen och samla in feedback.

Sammanfattningsvis skapade vi en AAR-upplevelse med interaktiva ljudbaserade element genom användning av NOUSSonic-systemet. Genom att utforska olika ljudtekniker och

implementera dem i gestaltningen skapades en engagerande och dynamisk AAR-upplevelse för användarna.

Vår gestaltning visade sig vara attraktiv och önskvärd att utforska, men det fanns utmaningar att adressera när det kom till komplexitet och förvirring. Ett framtida arbete hade kunnat fokusera på att diversifiera interaktionerna och utöka gestaltningsmöjligheterna för att skapa en ännu mer engagerande och interaktiv upplevelse för användarna.

Det bör noteras att NOUSSonic-systemet fortfarande är under utveckling och att vissa begränsningar och brister i systemet identifierades under utvecklingens gång.

Trots de nämnda begränsningarna och utmaningarna visade vårt arbete en övergripande positiv användarupplevelse och gav värdefulla insikter som kan bidra till fortsatt utveckling och förbättring av liknande system och gestaltningsmetoder.

## Referenser

- Bailey, R.W. (1972). *Testing manual procedures in computer-based business information systems*. In *Proceedings of the Human Factors Society 16th Annual Meeting*. Santa Monica, CA: HFS (pp. 395-401). 2
- Blesser, B., & Salter, L. (2006). *Spaces speak, are you listening?: Experiencing aural architecture*. MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/6384.001.0001>
- Gamper, H. (2014). *Enabling technologies for audio augmented reality systems*. Aalto University. <https://aaltodoc.aalto.fi:443/handle/123456789/12856>
- Karlsson, H., Persson, E. (2023). *Ljudbaserad navigation i audio augmented reality*.
- Johansson, H., Lindahl, D., Hastrup, S., & Khatibi, S. (2022). *The Multidimensional Universe of Sound in Games*.
- Jäger, A., & Hadjakos, A. (2017). *Navigation in an Audio-only First Person Adventure Game*. *Proceedings of the 23rd International Conference on Auditory Display - ICAD 2017*, 152–158. <https://doi.org/10.21785/icad2017.033>
- Kruining, R. (2017, July). *Sound Swarm, Experience sound in a new way, The realisation of a composition tool for a virtual version of Sound Swarm*. [https://essay.utwente.nl/73007/1/kruining\\_BA\\_EEMCS.pdf](https://essay.utwente.nl/73007/1/kruining_BA_EEMCS.pdf)
- Lokki, T., Grohn, M., Savioja, L., & Takala, T. (2000). *A Case Study of Auditory Navigation in Virtual Acoustic Environments*.
- Löwgren, J., & Stolterman, E. (2004). *Design av informationsteknik: materialet utan egenskaper*. Studentlitteratur.

Mercado, E. (2020). *Spatial Audio. Capstone Projects and Master's Theses*. 759.  
[https://digitalcommons.csumb.edu/caps\\_thes\\_all/759/](https://digitalcommons.csumb.edu/caps_thes_all/759/)

Politis, D., Gouwens, E. H. J., & van de Par, J. M. L. (2019). *Perceptually motivated spatial audio reproduction in ambisonics format using magnitude-squared coherence*. *Journal of the Audio Engineering Society*, 67(3), 156-168.

Rafaely, B., Tourbabin, V., Habets, E., Ben-Hur, Z., Lee, H., Gamper, H., Arbel, L., Birnie, L., Abhayapala, T., & Samarasinghe, P. (2022). *Spatial audio signal processing for binaural reproduction of recorded acoustic scenes – review and challenges*. *Acta Acustica*, 6, 47.  
<https://doi.org/10.1051/aacus/2022040>

### **Hemsidor**

ueq-online. <https://www.ueq-online.org/> (Hämtad April 2023)

Nous Sonic. <https://www.noussonic.com/> (Hämtad Mars 2023)