



EXAMENSARBETE INOM TEKNIK,
GRUNDNIVÅ, 15 HP
STOCKHOLM, SVERIGE 2019

Basen som kvalitetsmarkör

Förhållandet mellan basnivå och
kvalitetsuppfattning vid lyssning i hörlurar

MARTIN LINDER NILSSON

JOHANNES LOOR

Basen som kvalitetsmarkör

Förhållandet mellan basnivå och kvalitetsuppfattning vid lyssning i hörlurar

Martin Linder Nilsson
Kungliga Tekniska Högskolan
Skolan för elektronik och datavetenskap
Avdelningen för medieteknik och interaktionsdesign
hmni@kth.se

Johannes Loor
Kungliga Tekniska Högskolan
Skolan för elektronik och datavetenskap
Avdelningen för medieteknik och interaktionsdesign
loor@kth.se

SAMMANFATTNING

Bas är en viktig komponent i musik och har i moderna genrer generellt fått uppta en allt större del av ljudbilden. Preferenser om basnivåer samt vad som anses vara ett kvalitativt ljud är dock subjektivt. Detta öppnar upp för många intressanta frågor gällande vår uppfattning av kvalitet och dess koppling till bas. Studier har visat att basfrekvenser i synnerhet är viktiga när det handlar om hur vi människor uppfattar rytm, och är tätt sammanlänkade med vår motorik och rörelseförmåga. Om, och i så fall hur, mängden bas påverkar vad vi anser vara ett kvalitativt ljud har det dock inte forskats på i samma utsträckning. En studie genomfördes därför för att kartlägga sambandet mellan basnivå och kvalitetsupplevelse i hörlurar. I ett blindtest fick 41 försökspersoner lyssna på ljudspår från två olika musikgenrer samt ett talat ljud, på förhand redigerade i tre versioner med olika basnivåer. Mellan varje version skapades en illusion av att byta hörlurar genom att de sattes på utan att försökspersonerna varken fick se vilka lurar de hade på sig, eller röra vid dem. Denna metod, att försökspersonerna tror att de utvärderar olika hörlurar istället för olika basnivåer, användes för att kunna utvärdera hur mängden bas påverkar den upplevda känslan av kvalitet som kommer med ett par hörlurar. Genom denna metod flyttas fokus från att endast utvärdera mängden bas, till att jämföra sambandet mellan basen och en mer övergripande känsla av kvalitet. Resultatet av studien pekar på en positiv korrelation mellan starka basnivåer och kvalitetsupplevelse och visar att försökspersonerna generellt upplever en högre kvalitet av basrika ljud än av basfattiga.

ABSTRACT

Bass is a key component in music and its use in modern genres has resulted in lower frequencies generally becoming a more prominent part of the soundstage. The preferred level of bass and what is considered as high quality sound is however subjective. This leads to several questions of interest regarding the way we perceive quality and how this perception relates to bass levels. How we perceive rhythm and how our ability to move is connected to bass are factors that previous research have explored, but research in how bass levels affect our perception of quality is somewhat lacking. With the ambition to fill this void a study was conducted, mapping the connection between bass levels and a perception of quality while listening through headphones. Three audio files, representing two different genres of music and one recorded audio book, was edited beforehand with three different

levels of bass and then listened to by 41 test subjects in a blind test setting. In between the versions the subjects did not get to see or touch the headphones, which created the illusion of listening to several different headphones, when in fact the same headphones were used for all levels of bass. This method, of leading the subjects into believing that they evaluated different headphones instead of different bass levels, was used to determine how the amount of bass affected the perceived quality when listening to headphones. Through this, also changing the scope from only evaluating the bass to instead focusing on the correlation between bass and an overall sense of quality. The results show a positive correlation between high bass levels and quality perception, where test subjects rated audio with a higher bass level as having higher quality than audio with lower bass levels.

Nyckelord

Bas; frekvensåtergivning; kvalitetsupplevelse; hörlurar; musik;

1. INLEDNING

Basregistret är viktigt för oss människor. I musik får basen oss att vilja röra på oss [6], de låga frekvenserna kan i film användas för att skapa en omvälvande upplevelse, och i många kulturer har de använts för att förmedla rytm i form av trummor och andra instrument. Basregistret är den lägsta, eller djupaste delen av frekvensregistret. Definitionen av basregistret kan variera något men benämns ofta som området mellan C_0 och C_4 i den västerländska tolv-tonsskalan [13], vilket betyder mellan ungefär 16 Hz och 256 Hz i frekvensspektrat. Frekvensåtergivning i musik är dock i mångt och mycket en fråga om preferens, där mängden bas eller diskant som föredras kan variera mycket från person till person. Equalizers är ett sätt att reglera detta och används av vissa för att skapa en skraddarsydd upplevelse vid lyssning på musik eller inspelat tal. När det kommer till hörlurar är just basnivåerna en mycket omdiskuterad fråga, både vad gäller mängd samt hur långt ner i frekvensregistret den lyckas levereras. Hörlurar med ett alltför framträdande basregister kan i vissa fall vara problematiskt då detta tenderar att skymma resterande frekvenser i en ljudbild. I förlängningen kan detta medföra en felaktig representation av ljudmaterialet, i alla fall om man antar att syftet från upphovsmannen är att alla frekvenser skall höras. Fokus för denna studie är därför att undersöka huruvida stark bas har blivit synonymt med kvalitet. Närmare bestämt hur ljudkvalitetsupplevelsen av ett musikstycke eller talat ljud i hörlurar, förändras vid olika basnivåer.

En förbättrad förståelse för basens inverkan på den upplevda kvaliteten av ljud är av vikt för såväl konsumenter som hörlurstillverkare. Denna studie kan för båda parter ge en inblick i hur viktig basåtergivningen är för olika musikgenrer samt hur kvalitetskänslan påverkas av basnivån i musiken. Alltså en bättre förståelse för vilka faktorer som är viktiga att tänka på och vilka som är irrelevanta vid val av hörlurar. Det kan gälla omständigheter som frekvensåtergivning, pris och vilken genre som primärt ska lyssnas på.

Tidigare studier [2][3] har genomförts som undersöker olika frekvensåtergivningar och dess inverkan på upplevelsen av musik. En aspekt som dock inte behandlats i samma utsträckning är den totala kvalitetsupplevelsen, vilket är det primära intresset för denna rapport.

För att undersöka vilken roll mängden bas spelar när det gäller upplevd ljudkvalitet genomfördes en studie där försökspersoner fick lyssna på ljudklipp, som på förhand var redigerade med olika mängd bas. Försökspersonerna fick i hörlurar lyssna på samma 20-sekunders ljudklipp i tre olika versioner; en i originalversion och de andra två preparerade med ökad respektive minskad bas. Tre grupper försökspersoner användes där vardera grupp tilldelades varsitt ljudspår ur musikgenrerna pop, klassisk musik samt en ljudboksinsläsning. Försökspersonerna fick sedan svara på frågor angående kvalitetsupplevelsen av ljudet, bas- och diskantnivå samt i vilken prisklass hörlurarna förmodades tillhöra.

2. TEORI OCH RELATERAD FORSKNING

Forskning inom ämnet musik och bas finns det gott om. Här ges en sammanfattning av den forskning som är relevant för denna studie, i synnerhet med fokus på sådan som bidrar med förståelse kring sambandet mellan ljudkvalitet och hur basen påverkar denna.

2.1 Begrepp

Frekvenssvar - Mäter hur de hörbara frekvenserna återskapas, för detta fall, i hörlurar.

Frekvensåtergivning - Ett ljuds representation över frekvensspektrumet.

Kompression - Dynamisk bearbetning av ett ljudspår som förändrar vågformerna på ett sådant sätt att all information över ett visst tröskelvärde behandlas med en faktor. Detta medför en mer utjämnad ljudfil med mindre toppar.

RMS-energi (Root Mean Square) - Ett värde för att beskriva energimängden i ljud. Erhålls genom att ta kvadratroten ur tidsmedelvärdet av storhetens kvadrerade värde [11].

Shelf-filter - Ett filter som höjer eller sänker alla frekvenser i frekvensområdet över eller under ett inställt värde.

Equalizer - Ett verktyg för att anpassa frekvensåtergivningen, där man kan höja eller sänka enskilda frekvenser eller i grupp. Till exempel bas eller diskant.

Skårt brus - Ett brus som består av alla hörbara frekvenser med jämn fördelning av energi i alla oktaver [12].

2.2 Relaterad forskning

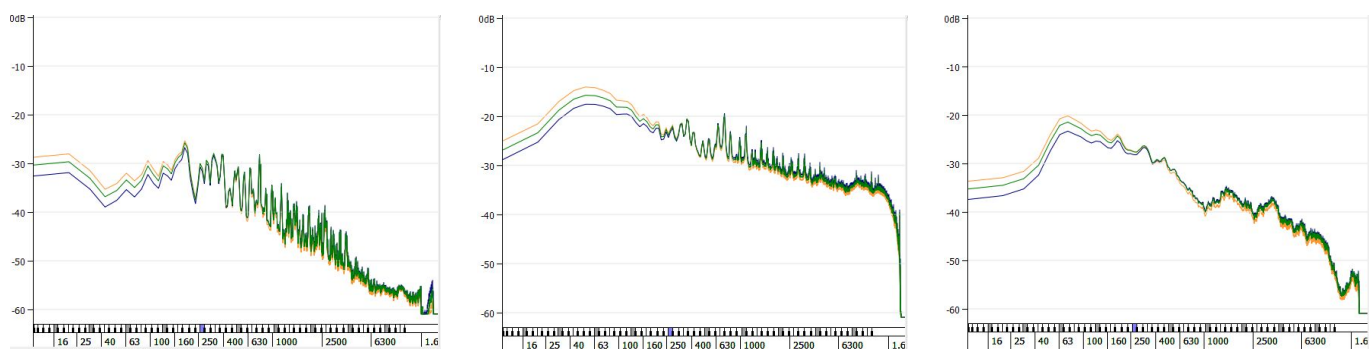
Musikinstrument som levererar lågfrekvent ljud har använts för att skapa rytm i musik i många kulturer genom tiderna. Varför basen i så stor utsträckning har fått axla rollen som bärare av rytmen har därför varit föremål för undersökningar i flera studier. En nyligen utförd studie [6] visar på att denna kulturellt utbredda praxis kan utnyttja en neurofysiologisk mekanism hos oss människor, varigenom lågfrekventa ljud i större utsträckning än högfrekventa påverkar hur vi uppfattar rytm. Denna effekt är även starkt sammanbunden med vår motorik och rörelseförmåga.

En studie av Varlet et al [10] som undersökte samband mellan motorik samt audiell och visuell rytm, visade på att människor hade lättare att synkronisera rörelser till lågfrekventa toner än till högfrekventa. Detta fenomen utreds ytterligare i en annan studie [9] där försökspersoner fick dansa till klubb-musik med varierande volym på bastrumman. Deras rörelser mättes sedan med hjälp av rörelsefångsteknik (motion capture) och man kunde visa att försökspersonerna inte bara rörde sig i större, mer yviga rörelser, utan hade även lättare att knyta an till takten i musiken då bastrumman var starkare i volym. Människans rörelsemönster förändras alltså enligt studien ovan vid varierande mängd bas. Därför är det intressant att undersöka huruvida ett liknande samband existerar mellan upplevd kvalitet i musik och basnivå.

Dynamisk kompression har länge använts i musikvärlden för att jämna ut dynamiken i musik. Anledningar till detta är, och har varit, till exempel anpassning för radio eller lyssnande i bil [4]. Med komprimering kommer också möjligheten att efteråt förstärka musiken och därmed skapa ett verk som låter starkare än originalet och är mer energirik, ett värde vilket brukar beräknas med RMS-energi (Root mean square). Det dynamiska omfånget reduceras alltså för att höja den upplevda volymen, även kallat "loudness". Hove, Vuust och Stupacher [4] visar i en studie att topplistolåtar mellan 1955-2016 har ökat i RMS-energi, där basregistret i låtarna står för den största delen av ökningen, samtidigt som det dynamiska omfånget har minskat. En stadig volymökning har därav skett sedan 1900-talets andra hälft och framåt där basen är den största bidragande faktorn. Denna successiva upptrissning i volym benämns vanligen "loudness war", där namnet syftar till att beskriva olika skivbolags och artisters vilja att låta högst och därmed sticka ut i en musikindustri som präglats av hård konkurrens.

Vad det inte lika ofta pratas om är vilken effekt denna utveckling haft på frekvensåtergivningen i musik där både låg bas och hög diskant, i och med kompressionen, har sett ökande nivåer. Moderna genrer som rock, pop och schlager har generellt mindre dynamiskt omfång än äldre genrer som orkestral musik, körstycken och kammarmusik, samtidigt som de nyare genrerna innehåller en större mängd bas och diskant än de äldre [5]. Detta är något som togs i åtanke vid val av genrer för denna studie.

Gabrielsson et al [2] har gjort en studie liknande den som behandlas i denna rapport där uppfattningen av skårt brus, en kvinnoröst som läser en saga och ett stycke jazzmusik utvärderades efter att dessa ljudspår passerat genom olika filter.



(a) Klassiskt stycke

(b) Pop

(c) Ljudbok

Figur 1: Grafer avbildande frekvensspektra för de olika ljudspår som användes vid testet i vardera genre (a,b,c), där linjerna visar ett medelvärde över hela ljudspåret och x-axeln visar en logaritmisk Hz-skala. Den gröna linjen representerar originalspåret, den orangea ljudspåret med förstärkt bas, den blå ljudspåret med reducerad bas.

En testgrupp fick vid två olika ljudnivåer lyssna på de olika varianterna av ljudspåren för att sedan värdera subjektiva attribut som ljudstyrka, fyllighet, ljushet, mjukhet, närhet, rymdkänsla och tydlighet. Ett filter som användes var av den sort som höjer nivåerna för basregistret (low-shelf-filter) vilket uppfattades av testpersonerna som ett fylligare och dovre ljud alltså med mindre klarhet, rymd och ljushet. Medan Gabrielsson fokuserar på hur ljudets upplevda attribut förändras med frekvenssvaret så utgör grunden för vår studie hur frekvensområdet kring basen påverkar den totala kvalitetsupplevelsen. Vad dessa attribut har för effekter på den totala kvalitetsupplevelsen ger de inget svar på.

En studie [1] visar på att ingen korrelation föreligger mellan hörlurars frekvenssvar och vilken prisklass de tillhör. Testet gjordes på hörlurar av typen in-ear, supra-aural och circumaural, dvs hörlurar som respektive stoppas in i öronen, ligger utanpå och helt innesluter örat.

2.3 Syfte

Denna forskningsrapport ämnar undersöka vilken effekt basnivån har på den upplevda ljudkvaliteten samt huruvida ökad bas kan uppfattas som en markör för hög kvalitet, och därmed får musik eller ett par hörlurar att låta bättre eller dyrare. Syftet med denna studie är att bidra till att ge klarhet i psykologin kring olika nivåer av bas.

2.4 Problemformulering

Problemformuleringen delas upp i en huvudfråga och arbetsfrågor. Huvudfrågan är utgångspunkten för testet samt för analys av resultatet, medan arbetsfrågorna ger en fördjupning.

Vår tes är att resultatet av studien kommer att visa på att ett bas-rikare ljud uppfattas som mer kvalitativt än ett ljud med mindre bas.

Huvudfråga: Hur påverkar basnivån kvalitetsupplevelsen vid lyssning i hörlurar: Upplevs bas-rikare ljud som bättre, och hörlurarna som dyrare, än ljud med mindre bas?

Arbetsfrågor:

Är musikgenre en avgörande faktor i utvärderingen av bas som kvalitetsmarkör?

Är det skillnad när det gäller musik respektive tal?

3. METOD OCH DATAINSAMLINGSMETODER

En studie utfördes 1-3 april 2019, med en testgrupp bestående av 41 stycken studenter vid civilingenjörsutbildningen i Medieteknik på Kungliga Tekniska högskolan i Stockholm. Försökspersonerna var mellan 19 och 29 år gamla och samtliga angav att de hade normal hörsel. Testgruppen som användes hade en blandad erfarenhet av att lyssna på musik och tal i hörlurar. En tidigare studie [7] har visat att erfarna lyssnare och mindre erfarna lyssnare generellt föredrar samma högtalare i ett blindtest.

3.1 Metod

Försökspersonerna delades in i tre olika försöksgrupper, där två av grupperna fick lyssna på varsin musikgenre och den tredje på ett talat ljud. För att skapa så stor bredd som möjligt i försöken valdes musikgenrer av olika karaktär. En populärmusik-låt, "Anyone Out There" av artisten Iselin¹, samt ett klassiskt stycke, "Piano trio no. 3 in C-minor, Op. 101: Andante Grazioso" av Johannes Brahms för piano, cello och violin². Motiveringen bakom valet av genrer var att representera inte bara olika typer av musik utan även musik med olika kompressionsgrad. I figur 1, som visar frekvensspektrum för de ljudspår som användes i testet, kan man utläsa att både pop-ljudspåret och ljudboken innehåller relativt höga nivåer bas och även att pop-genren är den som uppvisar störst skillnad mellan de olika versionerna vad gäller basregistret. Ytterligare vittnar den något flackare frekvensåtergivningen i pop-genren om att detta spår genomgått en förhållandevis stor mängd dynamisk kompression jämfört med de andra spåren. För att undersöka visualisera frekvensspektra användes mjukvaran "Sonic Visualiser"[14] och som format för musikklippen valdes högupplöst mp3, 320 kBit/s.

¹<https://open.spotify.com/track/48wEohztw5FeQboMzIb2LB?si=fkbnvy39Q2GIXbTWne8iGA>

²https://open.spotify.com/track/08JqZxMgLW6Y8vvGYC6WJC?si=JhyfuU_4RNOxAKgTku6C-Q



(a)



(b)

Figur 2: De filter som användes för att redigera ljudspåren som användes vid testet, med höjd respektive sänkt bas. Båda filtren är identiskt inställda som low-shelf filter med en brytpunkt på 200Hz, ökat (a) respektive sänkt (b) med 5dB.

Det talade ljudspåret som användes var en ljudboksinsläsning av en relativt djup mansröst, även denna i mp3-format, i medelhög upplösning, 154 kBit/s. Alla ljudklipp som användes var ca 20 sekunder långa.

3.2 Förberedande tester

För att ha möjlighet att utföra studien behövdes varje ljudklipp i tre olika versioner, en i original och de andra två på förhand preparerade med olika mängd bas. Basen justerades med hjälp av ett shelf-filter vid 200 Hz, ökat respektive minskat med 5 dB (se figur 2). Efter testning ansågs denna nivå rimlig då det skapade en hörbar skillnad mellan versionerna utan att vara alltför framträdande. För att försäkra oss om att ljudspåren som användes upplevdes som lika starka i volym utfördes ett förberedande test. För varje ljudklipp höjning respektive sänkning i basnivå skapades två olika versioner vars upplevda volym justerades så nära originalet som möjligt, fast med en liten skillnad sinsemellan på 0.5 dB. Sju försökspersoner fick under A/B-test avgöra vilket av ljudspåren som var mest likt originalet vad gäller upplevd volym. Resultatet av testet avgjorde vilka spår som sedan användes vid huvudundersökningen.

3.3 Utförande

Försökspersonen fick, under ett blindtest, lyssna på samma 20-sekunders ljudklipp i tre olika versioner, av vilka en version var originalet och de andra två på förhand redigerade med olika mängd bas. Testet genomfördes med två olika par hörlurar vilket gav totalt 6 lyssningar per försöksperson. Vid samtliga försök användes hörlurar av märket Sennheiser, modell HD600 samt AKG, modell K240. Sennheiser-hörlurarna är av typen öppen medan AKG-lurarna är av typen semi-öppen. Denna faktor ansågs viktig för testet då stängda hörlurar har en tendens att brista i basen om de inte sitter rätt över öronen. Det finns också en potentiell felfaktor i att använda olika typer av hörlurar, vilken vi försökte undvika genom att använda två hörlurar av liknande typ. Ytterligare motivering till val av hörlurar var dels att de skulle vara lätta att sätta på och ta av, men också att använda hörlurar i olika priskategorier. Hörlurarna från Sennheiser hade vid testet ett inköpspris på ungefär 3300 kr medan de från AKG kostade ca 700 kr.

Mellan varje version skapades en illusion av att byta hörlurar. Illusionen skapades genom att hörlurarna sattes på utan att försökspersonen varken fick se vilka lurar de har på sig eller röra vid dem. Denna aspekt, att försökspersonerna tror att de utvärderar olika hörlurar istället för olika basnivåer, är viktig för att kunna utvärdera hur mängden bas påverkar den upplevda känslan av kvalitet som kommer med ett par hörlurar. Genom denna metod flyttas fokus från att endast utvärdera mängden bas till att jämföra sambandet mellan basen och en mer övergripande känsla av kvalitet. I och med användningen av samma hörlurar, för klippets tre olika varianter, minimeras även eventuella felkällor som kan skapas på grund av skillnader i passform samt att frekvensåtergivningen varierar i olika hörlurar. Personen tillfrågades före varje ljudklipp huruvida hörlurarna sitter som de ska och sluter tätt, för att även här minimera risken för felkällor.

Mellan varje ljudklipp fick försökspersonerna fylla i en enkät där de till varje ljudklipp besvarade följande fyra frågor:

- Hur upplevde du ljudkvaliteten?
- Hur upplevde du mängden bas?
- Hur upplevde du mängden diskant?
- Hur mycket tror du att hörlurarna kostar?

Till de tre första frågorna fick försökspersonen värdera upplevelsen på en skala mellan ett och tio. För ljudkvalitetsfrågan beskrevs alternativ 1 och 10 med "väldigt dåligt" respektive "väldigt bra", och för bas- och diskantfrågorna förtydligades dessa alternativ med "mycket svag" respektive "mycket stark". På frågan om priset gavs tre alternativ: Under 1000 kr, mellan 1000 och 2000 kr samt över 2000 kr.

3.4 Testgrupper

Den totala testgruppen på 41 personer delades in i tre undergrupper som vardera tilldelades en genre. Fjorton personer vardera fick lyssna på pop-låten respektive ljudboken och tretton personer fick lyssna på det klassiska stycket. Hälften av testgruppen fick börja med Sennheiser-hörlurarna och andra hälften med AKG. För att minimera eventuella felkällor som kan uppstå från att ljudspåren spelas upp i en viss ordning ordnades testen så att alla möjliga ordningar fick lika stor representation.

Därtill lades möjligheten att spela antingen AKG-hörlurarna eller Sennheiser-hörlurarna först vilket resulterade i följande uträkning:

$$3! \text{ möjliga ordningar} * 2 \text{ hörlurar} = 12 \text{ olika ordningar}$$

Därför skapades sammanlagt 12 olika ordningar i vilka ljudklippen spelades.

4. RESULTAT

Datan från de olika testgrupperna jämfördes och analyserades med fokus på skillnader i medelvärdet av svarsvärdet mellan originalklippet och de två andra ljudklippen. Resultatet av den upplevda ljudkvaliteten samt kostnaden går igenom noggrant, medan svaren på bas- och diskantfrågorna kort jämförs med övriga svar. För att undersöka signifikansnivån användes Anova-test.

4.1 Analys av upplevd ljudkvalitet

Tabell 1: Medelvärdestabell för frågan "Hur upplevde du ljudkvaliteten?", där svarsvärdet angavs som ett värde mellan 1 (väldigt dåligt) och 10 (väldigt bra). Uppdelat per hörlur samt alla svar.

	Reducerad bas (-5dB)	Original	Förstärkt bas (+5dB)
AKG	6,27	6,66	7,24
Sennheiser	6,32	7,22	7,41
Samtliga svar	6,29	6,94	7,33

4.1.1 Upplevd ljudkvalitet, samtliga svar

På frågan "Hur upplevde du ljudkvaliteten?" angavs svaren på en skala 1-10 där 1 motsvarar "Väldigt dålig" och 10 "Väldigt bra".

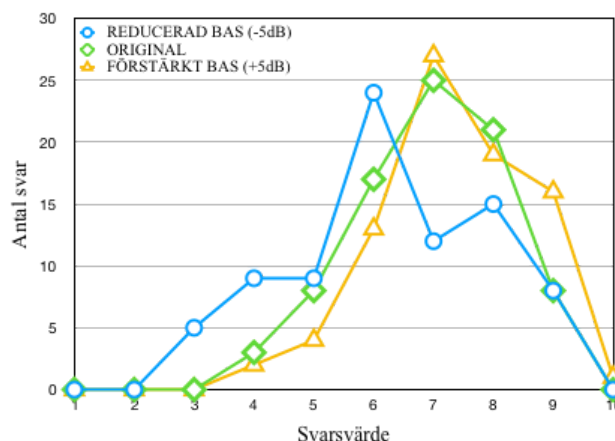
Resultatet av samtliga 82 svar, över alla tre genrer i båda hörlurarna, visar att ljudspåren med förstärkt bas gav något högre värden än originalen. Som kan utläsas i figur 3 gav båda versionerna flest antal svar vid svarsvärde 7, vilket 25 av försökspersonerna valde i fallen med originalversionerna och 27 st valde i fallen med starkare bas. Den basförstärkta versionen genererade dock fler av de högre värdena på skalan. Vid svarsvärde 9 är skillnaden som störst, vilket om den basförstärkta valdes av 16 personer, och om originalet valdes av 8 st. Detta, i samspel med att fler gav originalspåret svarsvärden 4-6, gav klippet med förstärkt bas ett högre medelvärde på 7,33 jämfört med 6,94 för originalklippet, vilket kan avläsas i tabell 1. Ett Anova-test på signifikansnivån 5% mellan originalet och det basförstärkta spåret visar en signifikant skillnad ($p = 0,0497$).

Ljudspåren med reducerad bas har generellt sett lägre värden än de andra två, med en tyngdpunkt på svarsvärde 6, vilket speglas i det lägre medelvärdet, 6,29. Ett likadant signifikantest som ovan, mellan originalet och ljudspåren med reducerad bas, visar även här på en signifikant upplevd skillnad ($p = 0,0059$).

Enligt variansanalysen kan vi alltså, på signifikansnivån 5%, fastställa en signifikant skillnad i upplevelsen av ljudkvalitet. Detta både mellan ljudklippen med förstärkt bas och originalen, samt mellan originalen och de med reducerad bas.

4.1.2 Upplevd ljudkvalitet efter hörlurstyp

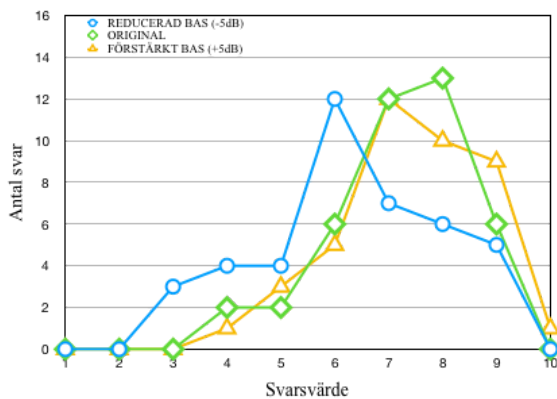
Delar vi upp resultatet efter de två par hörlurar som användes i testet, Sennheiser HD600 och AKG K240, så är antal svar 41 st per hörlur och klipp. Överlag upplevdes kvaliteten som något sämre i AKG-hörlurarna, med ett sammantaget medelvärde på 6,72 kontra Sennheisers 6,98.



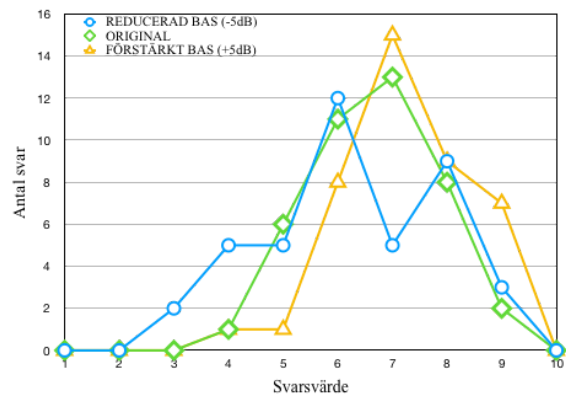
Figur 3: Resultatet av samtliga svar på frågan "Hur upplevde du ljudkvaliteten?" för de olika ljudklippen. Svarsvärde 1 motsvarar "Väldigt dålig" och 10 "Väldigt bra".

Testerna där försökspersonerna fick lyssna i Sennheiser-hörlurarna visar att originalspåren fick ett medelvärde på 7,22. Medelvärdet blev 6,32, och 7,41 för ljudklippen med reducerad respektive förstärkt bas. I figur 4 kan utläsas att ljudklippet med reducerad bas fick fler svar med värden mellan 3-6 medan färre valde ett värde mellan 7-10, jämfört med de andra klippet. En variansanalys på signifikansnivån 5% bekräftar statistiskt en skillnad mellan ljudspåren med reducerad bas och originalspåren ($p = 0,0089$). En signifikant skillnad kan också utläsas mellan versionerna med reducerad och de med förstärkt bas men dock inte i fallet med originalversionerna och ljudspåren med förstärkt bas ($p > 0,05$).

Medan Sennheiser-hörlurarna inte visade på några stora skillnader i svarsvärden mellan ljudklippen med förstärkt bas och originalklippet, är det desto större skillnader när det gäller AKG-hörlurarna. Här ser vi en tydlig övervikt för högre värden vad gäller de ljudspår där basen är förstärkt kontra originalspåren. Detta speglas också i ett medelvärde på 7,24 för de basförstärkta medan original-ljudspåren erhöll ett medel på 6,66. Ljudklippet där basen reducerats fick ett lägre medelvärde på 6,27. Anova-test på signifikansnivån 5% ger ett p-värde på 0,0270 mellan originalversionerna och de med förstärkt bas, samt ett p-värde på 0,220 i jämförelsen mellan reducerad bas och originalklippet. Om vi utgår från nollhypotesen att ingen skillnad mellan upplevelsen av ljudspåren föreligger, kan denna förkastas i fallet mellan originalen och klippet med förstärkt bas, men ej mellan ljudspåren med reducerad bas och originalversionerna.



(a)



(b)

Figur 4: Resultatet av svar på frågan "Hur upplevde du ljudkvaliteten?" för de olika ljudklippen vid lyssning i Sennheiser HD600 (a) respektive AKG K240 (b). Svarsvärde 1 motsvarar "Väldigt dåligt" och 10 "Väldigt bra".

4.1.3 Upplevd ljudkvalitet efter genre

Tabell 2: Medelvärdestabell för frågan "Hur upplevde du ljudkvaliteten?", där svarsvärdet angavs som ett värde mellan 1 (väldigt dåligt) och 10 (väldigt bra). Uppdelat efter genre samt alla svar.

	Reducerad bas (-5dB)	Original	Förstärkt bas (+5dB)
Klassiskt stycke	6,85	6,81	7,38
Pop	5,36	6,71	7,00
Ljudbok	6,71	7,29	7,61
Samtliga svar	6,29	6,94	7,33

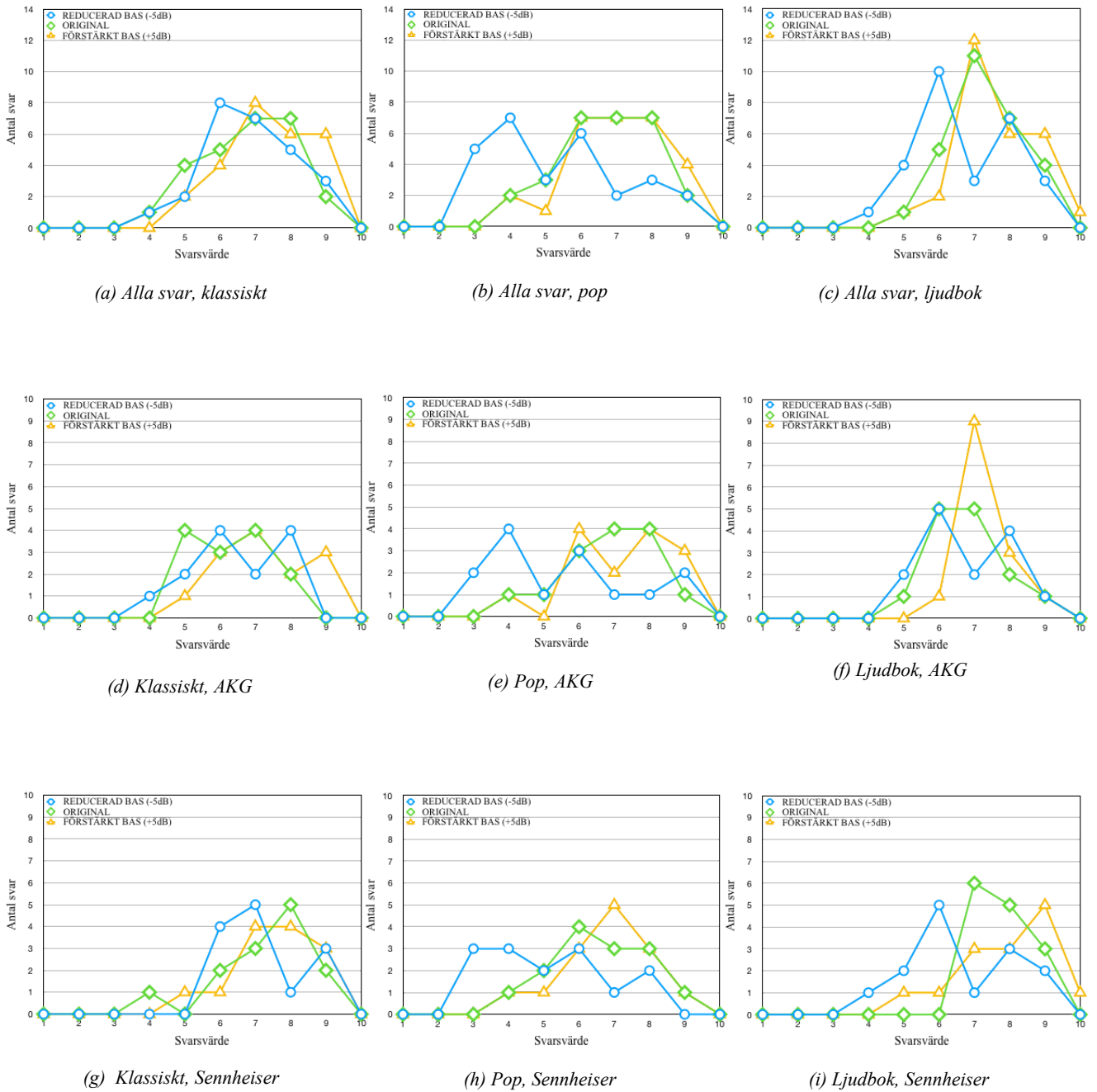
För det klassiska stycket visar resultatet, som presenteras i tabell 2 samt i figur 5, att lyssning på ljudspåret med starkare bas överlag fått högre svarsvärden än resterande klipp. Medelvärdet för detta ligger på 7,38, medan musiken i originalutförande och ljudklippet med reducerad bas fick medelvärdet 6,81 respektive 6,85. Jämförelse av dessa testserier uppfyller dock inte kraven för signifikans på nivån 5% ($p > 0,05$).

I resultatet för hörlurarna separat ser vi att de från Sennheiser gav resultat snarlika varandra, med något högre värden för ljudspåret med starkare bas, följt av originalspåret och till sist ljudklippet med reducerad bas (7,54, 7,31, 7,23). I fallet med AKG-hörlurarna är skillnaden mellan versionerna dock större. I resultaten från det basförstärkta ljudspåret ser vi ett max-värde på 9 och minsta värde 5, samt ett medelvärde på 7,23. Jämförs detta med originalet, vars värden låg mellan 5 och 8, så ser vi

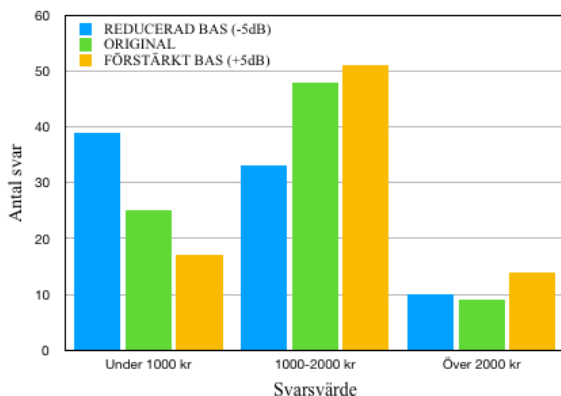
här ett högre medelvärde än originalets 6,31. Detta var i sig något lägre än klippet med reducerad bas, vars medelvärde är på 6,46.

Tittar vi på resultaten från ljudkvalitets-frågan gällande den generellt mer basrika genren pop ses i figur 5 att ljudkvaliteten på det hela taget uppfattas något sämre, jämfört med både det klassiska stycket och ljudboken. Skillnaderna i uppfattning av ljudkvalitet mellan de olika versionerna är större för pop-genren. I tabell 2 kan utläsas att det basförstärkta ljudklippet får det högsta medelvärdet på 7,00 och originalklippets medelvärde ligger en bit under på 6,71. Analyseras datan kan vi dock ej se någon signifikant skillnad ($p > 0,05$). Ljudspåret med reducerad bas upplevs av testgruppen ha mycket sämre ljudkvalitet och får ett medelvärde på 5,36. Skillnaden mellan testgruppens upplevelse av detta ljudklipp kontra originalklippet är signifikant ($p = 0,0032$). Det tål att påpekas att det även mellan ljudklippen med förstärkt bas och de med reducerad bas finns en signifikant skillnad ($p = 0,0005$).

Medelvärden för uppfattningen av ljudkvaliteten gällande ljudboksinsläsningen följer samma mönster som de flesta andra serier i experimentet, alltså att ljudspåret med förstärkt bas får ett högre medelvärde än originalspåret och det med reducerad bas. Det basförstärkta spåret får ett medelvärde på 7,61 medan originalet och det basreducerade ljudklippet får medelvärden 7,29 respektive 6,71. Signifikantest mellan de olika versionerna visar dock att det ej finns någon signifikant skillnad mellan ljudklippet med sänkt bas och originalet, samt mellan originalet och klippet med förstärkt bas ($p > 0,05$). En statistisk jämförelse mellan ljudspåret med reducerad bas och spåret med förstärkt bas visar i detta fall på en skillnad i upplevelse, på signifikansnivån 5% ($p = 0,0108$).



Figur 5: Resultatet av svar på frågan "Hur upplevde du ljudkvaliteten?" för de olika ljudklippen vid lyssning på de olika genrererna pop, klassiskt och ljudbok. Resultat av samtliga svar (a,b,c) och per hörlur (d-i). Svarsvärde 1 motsvarar "Väldigt dålig" och 10 "Väldigt bra".



Figur 7: Resultatet av samtliga svar på frågan "Hur mycket tror du att hörlurarna kostar?" för de olika ljudklippen.

4.2 Analys av prisuppfattning

På frågan "Hur mycket du tror att hörlurarna kostar?" fanns tre svarsalternativ, "Under 1000 kr", "1000-2000 kr" och "Över 2000 kr". Samtliga 41 testpersoner lyssnade på samma tre ljudklipp i två olika hörlurar, och gav därav 82 unika svar för vardera av de tre ljudklippen.

4.2.1 Analys av prisuppfattning, samtliga svar

Resultaten visar för båda hörlurarna som användes i testet att ljudklippen med mer bas upplevs som lite dyrare av testgruppen, följt av klippet i originalutförande och till sist de med reducerad bas. Skillnaden är dock inte stor. I figur 7 kan utläsas att för testgruppen som helhet gav ljudspåren med sänkt bas flest resultat på svarsalternativ 1 "under 1000 kr", medan originalversionerna och de med ökad bas fick flest på alternativ 2 "1000-2000 kr". Versionerna med förstärkt bas fick dock fler svar på alternativ 3 "Över 2000 kr" än originalen. Om vi benämner svarsalternativen som 1, 2 och 3 enligt ovan erhåller ljudspåren med reducerad bas ett medelvärde på 1,65 för båda hörlurarna kombinerat. Originalspåren för samma testgrupp får ett medelvärde på 1,80 och de med förstärkt bas erhåller medelvärde 1,96. Ett Anova-test visar dock att endast skillnaden mellan spåren med reducerad och de med förstärkt bas kan anses vara statistiskt signifikant ($p = 0,0023$). För de övriga ses ej någon statistisk skillnad ($p > 0,05$).

Resultaten från hörlurarna separat följer även dessa två samma mönster. Både hörlurarna från AKG och de från Sennheiser upplevs av testgruppen som något dyrare när ljudklippen med förstärkt bas spelas genom dem än originalversionerna och de med reducerad bas. Skillnaden i medelvärde är något större vad gäller AKG K240 än för Sennheiser HD600, men båda serierna följer samma trend. Ett Anova-test visar dock att endast en skillnad mellan ljudspåren med reducerad bas och de med förstärkt bas går att statistiskt säkerställa på signifikansnivån 5%, övriga jämförelser kan skillnad ej påvisas ($p > 0,05$).

4.2.2 Analys av prisuppfattning efter genre

Tittar man på resultaten på frågan om prisuppfattning separat efter genre hittar man att samtliga genrer följer samma trend som resultaten för hela testgruppen. Alltså att hörlurarna upplevs som dyrare då de spelar de basförstärkta ljudspåren, lite billigare

vid uppspelning av ljudspåren i originalutförande och än billigare när de spelar upp de bas-reducerade ljudspåren. Den största skillnaden kan utläsas i fallet med pop-genren där, om man använder samma skala som ovan med 1, 2 och 3, ger medelvärde 1,43 för ljudspåret med reducerad bas, 1,75 för originalversionen och 1,96 för det basförstärkta spåret. Ett Anova-test visar dock att det ej finns någon statistiskt signifikant skillnad mellan versionerna på signifikansnivån 5%, i andra fall än mellan det basreducerade ljudspåret och det basförstärkta.

4.3 Uppfattning av bas- och diskantnivåer

Testpersonerna fick mellan varje ljudklipp svara på frågorna "Hur upplevde du basnivån? (Låga toner)" och "Hur upplevde du diskantnivån? (Höga toner)". Svarsalternativen var i båda fallen en skala från 1 till 10, där 1 motsvarade mycket svag och 10 mycket stark.

Tabell 3: Medelvärdestabell för upplevd bas- och diskantnivå

	Reducerad bas (-5dB)	Original	Förstärkt bas (+5dB)
Basnivå	4,82	5,94	6,66
Diskantnivå	6,23	5,95	5,85

Vid analys av alla svar på frågan om basnivån ser vi i tabell 3 att medelvärdet av den uppfattade basnivån varierar i enlighet med spårets preparerade variation. Medelvärdet blev här 4,82 för reducerad bas, 5,94 för originalet och 6,66 för förstärkt bas. Värt att notera är att resultatet från frågan om basupplevelsen följer samma trend som den angående ljudkvaliteten. Vad diskanten angår sjunker medelvärdet av den upplevda nivån i takt med att basnivån stärks. Motsvarande medelvärden, för de tre variationerna av klipp och i samma ordning som ovan, blev här 6,23, 5,95 och 5,85.

5. DISKUSSION

I syfte att bidra till forskningen kring basnivå och hur kvalitetsupplevelsen varierar vid ändring av denna, så utgick vi från frågan: "Hur påverkar basnivån kvalitetsupplevelsen vid lyssning i hörlurar?". Det sammantagna resultatet från studien styrker vår tes, att ökade basnivåer leder till en ökad kvalitetsuppfattning. För att bilda en helhetsuppfattning utforskades också hur resultatet varierar över olika genrer, hur basnivå korrelerar med prisuppfattning, samt huruvida resultatet skiljer sig i olika hörlurar.

Testgruppen skulle med fördel kunnat vara större för att ge ett mer definitivt resultat. I många av de uppdelningar vi gjorde, efter exempelvis genre, tyckte vi kunna se en klar trend i analysen av svaren, att mer bas ledde till en högre uppskattning av ljudkvaliteten. Dock kunde denna trend inte alltid säkerställas statistiskt, där en bidragande faktor var det låga antalet svar.

Trots att vi i resultatet över samtliga testpersoner kunde visa på att ökade basnivåer har positiv inverkan på kvalitetsuppfattning så är så inte fallet i många av genreuppdelningarna separat. Den genre där skillnaden mellan upplevelsen av ljudspåren var som störst var i pop-genren. Detta är intressant på så sätt att

pop-ljudspåret som användes innehåller mycket mer och framför allt, djupare bas än de andra ljudspåren. Att höja eller sänka basen ger därför en mer märkbar effekt här än hos övriga genrer, eftersom mer information finns i de låga frekvensregister. Det klassiska stycket som användes, och som även kan sägas vara representerande för den klassiska genren generellt, är i relation till populärmusik basfattigt och påverkas därför inte av variationerna i basnivå i samma utsträckning. Detta återspeglas också i resultaten, där vi ser att den klassiska genren är den som varierar minst mellan de olika bas-preparerade versionerna.

En annan arbetsfråga vi undersökte var om basen påverkar ljudkvaliteten på olika sätt i musik och i talat ljud. Undersökningen visade här inget resultat som statistiskt går att säkerställa, men genom analys av medelvärden från genrer ser vi att både musik och talat ljud följer samma trend över de olika versionerna. Alltså att mer bas upplevs av testgruppen som bättre, både vad gäller musik och talat ljud, följt sedan av originalspåren och till sist de med reducerad bas. Det bör dock nämnas att det talade ljudspåret som användes vid testet var en inläsning av en relativt basrik mansröst, och kan därför tänkas påverkas mer av de redigeringar av basnivåerna som utfördes än andra ljudboksinsläsningar.

För att ge ett resultat som skulle kunna sägas gälla mer generellt än för endast ett par hörlurar genomfördes testerna med två par olika hörlurar. Ett mer heltäckande resultat skulle kunna ha uppnåtts med ett större antal hörlurar. Detta skulle dock kräva fler testpersoner, vilket det tyvärr inte fanns möjlighet till inom ramen för detta kandidatexamensarbete. Medelvärden av resultaten från hörlurarna separat visar på samma trend som för hela testgruppen, att kvalitetsuppfattningen ökar med basnivåerna. För hörlurarna från AKG kan vi statistiskt säkerställa en skillnad mellan de basförstärkta ljudspåren och övriga, dock inte mellan originalspåren och de basreducerade. Vad gäller Sennheiser-hörlurarna kan vi slå fast en skillnad mellan de basreducerade ljudklippen och övriga, men dock inte mellan originalklippen och de med förstärkt bas.

Att samma person utförde testet med två olika hörlurar medförde onekligen att hörlurarna jämfördes med varandra, vilket kan ha påverkat kvalitetsupplevelsen. Denna felkälla försökte minimeras genom att variera vilken hörlur testpersonerna fick lyssna på först. Vi ser på resultatet av kvalitetsuppfattningen att Sennheiser-hörlurarna fick ett något högre medelvärde jämfört med AKG-hörlurarna. Denna skillnad ligger inom en rimlig nivå med tanke på prisskillnaden, vilket leder oss till att den ovannämnda felfaktorn inte bör ha påverkat resultatet nämnvärt.

Angående frågan om priset hade vi bara tre, relativt stora, kategorier, vilket kan ha försvårat processen att få ut ett väl underbyggt resultat och även gjorde det svårt att säkerställa detta statistiskt. Med fler svarsalternativ skulle nyanser i den upplevda prisskillnaden bättre kunna fångas upp. Med fördel skulle vi även inkludera priskategorier i högre prisklasser för att täcka "high end"-sortimentet av hörlurar. Resultatet från frågan om vilken prisgrupp testpersonerna tror att hörlurarna hör hemma i går inte att dra några slutsatser av annat än att det går att se en statistiskt skillnad mellan ljudspåren med reducerad och de med förstärkt bas, där de senare uppfattas som dyrare. Detta faktum är även sant om man ser på resultaten från hörlurarna separat. Med en större testgrupp och, som ovan nämnt, fler

svarsalternativ skulle man kanske kunna utläsa ett statistiskt signifikant resultat av de trender som återfinns vid analys av medelvärden. Angående hur hörlurarnas pris uppskattades så ligger våra resultat alltså i linje med tidigare forskning [1], i det att ingen direkt korrelation mellan basnivå och kostnad kunde ses.

Resultatet från frågan om hur basnivån uppfattades stämde överens med den faktiska förändringen mellan ljudklippen, vilket pekar på att försökspersonerna var medvetna om och tog ställning till förändringar i basnivå. Ett problem som diskuteras i inledningen är att en överdimensionerad bas har en tendens att överskugga övriga delar av frekvensspektrat. Om basen i hörlurar tar upp en stor del av den totala frekvensåtergivningen, kan detta medföra att musikaliska alster inte får den audiella representation som upphovsmannen tänkt sig, i och med att vissa frekvenser ej blir representerade. I resultatet av frågan kring hur diskantnivån uppfattades ser vi att medelvärdet av denna sjönk i takt med att basnivån stärktes och även, av testgruppen, uppfattades som starkare. Detta ger en indikation på att en för stark basnivå har en tendens att ta över och därmed "tränga ut" andra frekvenser. Alltså att basen tar så mycket plats i ljudbilden att vi inte längre kan uppfatta övriga frekvenser i samma utsträckning, i detta fall specifikt diskanten. Att testgruppens uppfattning av orden diskant och bas möjligen varierar kan ha påverkat resultatet, även om det på gruppen mediestudenter på högskolenivå kan antas utgöra en relativt liten faktor. För att i största möjliga mån undvika avvikande tolkningar förtydligades detta i svarsenkäten, där bas- och diskantnivån förklarades som "låga toner" respektive "höga toner".

Hänsyn bör tas till att den använda testgruppen inte kan anses vara representativ för en hel befolkning då intresset för ljud och musik på en civilingenjörsutbildning i medieteknik kan antas vara något högre än genomsnittet. Vad gäller just lyssningsvana så finns dock forskning som stödjer att erfarna och oerfarna lyssnare generellt föredrar samma högtalare i ett blindtest [7]. Även testgruppens åldersspann, 19-29 år, kan anses vara en felkälla, då forskning på ämnet [8] visar att ålder har betydelse för bas- och diskant-preferens. Yngre människor uppskattar, enligt studien, generellt sett en större mängd bas och diskant än äldre. Trots att resultatet av studien därför inte kan antas gälla generellt kan det dock ge en stark indikation om vilken påverkan bas har på den upplevda kvaliteten.

Som diskuterades under stycket relaterad forskning så visade Gabrielson et al på att ett ljud med förstärkt bas uppfattas som fylligare [2]. Vid jämförelse med resultatet av vår studie skulle en koppling mellan fylligare ljud och en positiv kvalitetsupplevelse kunna ses. Denna koppling är intressant för att visa på vilka attribut, likt fyllighet, som uppskattas vid lyssning i hörlurar och hur dess närvaro påverkar lyssningsupplevelsen.

Då testgruppens storlek, i många avseenden, begränsade vår möjlighet att få ut statistiskt säkerställda resultat finns det gott om utrymme för framtida studier på ämnet. Till exempel skulle man kunna forska vidare på basnivåers påverkan på kvalitetsuppfattning och antagen prisenivå genom att utföra test med ett större antal hörlurar och fler kategorier för pris. En annan intressant studie skulle vara att låta testpersoner själva få ställa in den basnivå de föredrar, och sedan analysera resultatet. För att bygga vidare på vår forskning skulle liknande experiment

även kunna utföras med högtalare istället för hörlurar för att undersöka huruvida resultat liknande våra erhålls.

Vad beror resultatet, att vi uppskattar basrikare ljud mer än andra, på? Det kan ha att göra med att vi blivit indoktrinerade av utvecklingen under andra hälften av 1900-talet och framåt, där moderna genrer fått ett allt mer utpräglat basregister [4], och därmed också skapat hos oss en preferens för basrikare ljud. Man kan också spekulera om genetiska anledningar, då studier [6][10] visar att hjärnan reagerar på basregistret på ett annat sätt än övriga frekvenser, speciellt när det kommer till rytm och motorik.

6. SLUTSATS

Genom resultatet av vår studie ser vi en positiv korrelation mellan en stark basnivå och en hög kvalitetsuppfattning vid lyssning i hörlurar. Denna korrelation gäller ett sammantaget resultat över musikgenrerna pop och klassisk musik samt ett talat ljudklipp. Dock är resultaten otydliga vad gäller genrerna för sig, mycket på grund av testgruppernas storlek. Det bör även tas hänsyn till testgruppens utformning, och resultaten kan endast anses gälla för den demografiska grupp som representerades i studien, alltså högskolestudenter. Ingen tydlig koppling mellan basnivå och förmodad priskategori kunde utläsas av resultatet.

7. REFERENSER

1. Jeroen Breebaart. 2017. No correlation between headphone frequency response and retail price. *The Journal of the Acoustical Society of America* 141, 6: EL526–EL530.
2. Alf Gabrielsson, Björn Hagerman, Tommy Bech-Kristensen, and Göran Lundberg. 1990. Perceived sound quality of reproductions with different frequency responses and sound levels. *The Journal of the Acoustical Society of America* 88, 3: 1359–1366.
3. Alf Gabrielsson, Björn Lindström, and Ove Till. 1991. Loudspeaker frequency response and perceived sound quality. *The Journal of the Acoustical Society of America* 90, 2: 707–719.
4. Michael J Hove, Peter Vuust, and Jan Stupacher. 2018. Increased levels of bass over time in popular music recordings and their relation to loudness. .
5. Martin Kirchberger and Frank A. Russo. 2016. Dynamic Range Across Music Genres and the Perception of Dynamic Compression in Hearing-Impaired Listeners. *Trends in Hearing* 20: 2331216516630549.
6. Tomas Lenc, Peter E. Keller, Manuel Varlet, and Sylvie Nozaradan. 2018. Neural tracking of the musical beat is enhanced by low-frequency sounds. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115, 32: 8221–8226.
7. Sean E Olive. 2003. Differences in performance and preference of trained versus untrained listeners in loudspeaker tests: A case study. *Journal of the Audio Engineering Society* 51, 9: 806–825.
8. Sean E Olive and Todd Welti. 2015. Factors that influence listeners' preferred bass and treble balance in headphones. *Proceedings of the 139th AES Convention*.
9. Edith Van Dyck, Dirk Moelants, Michiel Demey, Alexander Deweppe, Pieter Coussement, and Marc Leman. 2013. The Impact of the Bass Drum on Human Dance Movement. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal* 30, 4: 349.
10. Manuel Varlet, Rohan Williams, and Peter E. Keller. 2018. Effects of pitch and tempo of auditory rhythms on spontaneous movement entrainment and stabilisation. *Psychological Research*.
11. 2017. Effektivvärde. *Wikipedia*. Retrieved April 30, 2019 from <https://sv.wikipedia.org/w/index.php?title=Effektivv%C3%A4rde&oldid=42165821>.
12. 2019. Skårt brus. *Wikipedia*. Retrieved April 30, 2019 from https://sv.wikipedia.org/w/index.php?title=Sk%C3%A4rt_brus&oldid=45211106.
13. 2019. Bass (sound). *Wikipedia*. Retrieved May 13, 2019 from [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Bass_\(sound\)&oldid=892497440](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Bass_(sound)&oldid=892497440).
14. Sonic Visualiser. Retrieved June 4, 2019 from <https://www.sonicevisualiser.org/>.

