

# Rytmiske høreferdigheder og arbejdshukommelse

En pilotundersøgelse af effekten af rytmisk træning på  
arbejdshukommelsen



Jonathan Immersen

Vejleder: Mads Walther-Hansen

Aalborg Universitet

Musik

Juni 2025

## Abstract

This pilot study investigates the relationship between rhythmic auditory skills and working memory in young adults. Additionally, it examines the effect of rhythmic training on working memory, measured using a self-developed Digit Span test. The study builds on existing research and employs The Musical Ear Test (MET) to measure participants' rhythmic auditory skills. Furthermore, an experimental design was used to explore whether rhythmic stimulation in the form of a metronome click facilitates the structuring of information in working memory.

The findings indicate a statistically significant difference between musicians and non-musicians in the MET, with musicians achieving a higher percentage of correct responses. These results demonstrate that musical training has a positive effect on performance in the MET. Moreover, the results indicate a tendency for musicians to outperform non-musicians in the Digit Span test, with musicians scoring seven percentage points higher in Test A. Furthermore, musicians performed six percentage points better in Test A compared to Test B, which may indicate that rhythmic stimulation in the form of a metronome click facilitates the structuring of information in working memory.

However, no statistically significant correlation was found between participants' performances on the MET and the Digit Span test. The lack of correlation may be due to the limited number of participants and the use of a self-developed Digit Span test, which may have affected the reliability of the results. Based on the results of the pilot study, it can be concluded that no clear relationship was found between rhythmic auditory skills and working memory as measured by the Digit Span test.

The discussion points out that previous studies show that although musical training and rhythmic skills can contribute positively to the development of specific cognitive and linguistic abilities, the improvement is moderate. Consequently, further research is needed to clarify the specific effects of musical training on other areas of learning and life skills. Future studies should therefore replicate the experimental design with a larger sample size to reduce statistical variability and include both subtests of the MET to investigate the relationship between rhythmic and melodic auditory skills and working memory.

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Indledning.....</b>                                             | <b>3</b>  |
| 1.1 Problemformulering.....                                           | 5         |
| <b>2. Musik og transfereffekt.....</b>                                | <b>5</b>  |
| 2.1 Musiklytning og hukommelse.....                                   | 5         |
| 2.2 Mozart-effekten.....                                              | 8         |
| 2.3 Musikalsk træning og transfereffekt.....                          | 10        |
| 2.4 Musikalitet og gener.....                                         | 11        |
| 2.5 Arbejdshukommelse.....                                            | 16        |
| <b>3. Tidligere studier der anvender MET og Digit Span-tests.....</b> | <b>19</b> |
| 3.1 Wallentin et al. (2010).....                                      | 20        |
| 3.2 Hansen et al. (2013).....                                         | 22        |
| 3.3 Vuust et al. (2017).....                                          | 24        |
| 3.3 Swaminathan et al. (2021).....                                    | 26        |
| <b>4. Forsøgsdesign.....</b>                                          | <b>28</b> |
| 4.1 The Musical Ear Test (MET).....                                   | 28        |
| 4.2 Digit Span Test.....                                              | 29        |
| 4.3 Digit Span-Forward Struktur.....                                  | 30        |
| 4.4 Spørgeskema om musikalske aktiviteter.....                        | 31        |
| <b>5. Analyse.....</b>                                                | <b>32</b> |
| 5.1 Dataindsamling.....                                               | 32        |
| 5.2 Metode.....                                                       | 32        |
| 5.3 Resultater.....                                                   | 34        |
| 5.3.2 MET Resultater.....                                             | 39        |
| 5.3.3 Korrelationsanalyse: Digit Span og MET.....                     | 41        |
| <b>6. Diskussion.....</b>                                             | <b>45</b> |
| 6.1 Diskussion af resultater.....                                     | 45        |
| 6.2 Tendenser.....                                                    | 49        |
| 6.3 Begrænsninger.....                                                | 49        |
| 6.3 Diskussion af transfereffekt og musikalitet.....                  | 50        |
| 6.4 Fremtidige studier.....                                           | 53        |
| <b>7. Konklusion.....</b>                                             | <b>54</b> |
| <b>8. Tilladelse.....</b>                                             | <b>55</b> |
| <b>9. Litteraturliste.....</b>                                        | <b>56</b> |

# 1. Indledning

Dette speciale tager udgangspunkt i en nysgerrighed om, hvordan musikundervisning og rytmiske færdigheder påvirker læring og hukommelse. Musikfagets berettigelse er gennem tiden blevet diskuteret i politiske og uddannelsesmæssige sammenhænge, hvor man har debatteret, hvorfor vi skal have musik i skolen, og hvad musikfaget egentlig bidrager med. Men hvad nu, hvis musikundervisning, og særligt rytmisk træning, har en kognitiv effekt, der kan styrke unge i deres dagligdag og forbedre deres arbejdshukommelse?

Denne problematik tydeliggøres i rapporten "Musikfaget i undervisning og uddannelse - Status og perspektiv 2020" fra DPU, der hævder, at musikundervisningen i Danmark er blevet alvorligt svækket. Det påpeges, at der i stigende grad er forskel på kvaliteten af musikundervisning og musikuddannelse på tværs af landet, hvor der i nogle områder ikke er adgang til kvalificeret musikundervisning. Der ses her en tendens til, at skoler og gymnasier bliver opdelt i et A- og et B-hold, når det kommer til musik. Ifølge rapporten skyldes dette, at musik ikke prioriteres højt i mange skoler og kommuner samt at musikfaget er blevet stærkt svækket på læreruddannelserne. Musikfagets vanskeligheder er ifølge rapporten et resultat af de seneste uddannelsesreformer, fusioner og større afskedigelser af undervisere i musik på professionshøjskolerne. Det pointeres, at den stigende opdeling i stærke og svage musikmiljøer skaber en større geografisk og social polarisering, hvilket gør, at musikundervisning og musikuddannelse ikke længere er lige tilgængelig for alle i samfundet (Nielsen, 2020).

Disse vanskeligheder understreger, at der er et behov for at undersøge og dokumentere, hvad musikundervisning konkret kan bidrage med, også i et kognitivt perspektiv ud over de sociale og kreative aspekter. Hvis musikalsk træning og særligt rytmisk træning har en positiv effekt på unges arbejdshukommelse, kan det være et argument for at styrke og prioritere musikfaget i uddannelsessystemet.

Selvom musikfaget i Danmark nedprioriteres, viser flere undersøgelser, at unge med musikalsk træning har gode kognitive færdigheder og en bedre arbejdshukommelse end jævnaldrende uden musikalsk træning. Et eksempel på dette er Masseeksperiment 2016,

hvor 20.083 skoleelever fra hele Danmark deltog, hvilket gør det til verdens hidtil største forsøg med fokus på, hvordan forskellige faktorer har indflydelse på musikalske hørefærdigheder. Forskere fra Center for Music in the Brain (MIB) ved Aarhus Universitet undersøgte her, om faktorer som køn, geografi, alder og musikalske aktiviteter har betydning for børn og unges evne til at skelne mellem små variationer i melodier og rytmer og huske tal (Vuust et al., 2017, s. 1).

Undersøgelsen viser, at elevernes musikalske færdigheder udvikles med alderen og forbedres gennem udøvende musikaktiviteter. Det er bemærkelsesværdigt, at undersøgelsen konkluderer, at det mest interessante resultat er, at man på alle klassetrin fandt en sammenhæng mellem elevernes arbejdshukommelse og deres musikalske hørefærdigheder (Vuust et al., 2017, s. 21). I musikundervisning og rytmiske øvelser træner man sin evne til at lytte, fastholde og gentage forskellige rytmiske mønstre. Dette minder om de evner, som bruges, når vi bruger arbejdshukommelsen, hvor man her skal kunne huske og fastholde information i kort tid for at kunne løse simple opgaver i hverdagen.

Specialet tager udgangspunkt i en målgruppe, der består af unge voksne (18–27 år) med forskellige musikalske baggrunde, hvor deltagerne har modtaget undervisning på musikskoler og videregående musikuddannelser. Målgruppen er valgt, idet unge voksne har haft mulighed for at opnå musikalsk træning og erfaring over tid. Derudover anvendes målgruppen i tidligere forskning inden for musik og kognition, hvormed det er muligt at sammenligne resultaterne med eksisterende studier på området. Endvidere er målgruppen valgt, idet unge voksne ifølge Zanto et al. (2019, s.1) udviser en bedre evne til at synkronisere til forskellige metronom-lignende sekvenser end ældre voksne.

Specialets hypotese er, at unge voksne (18–27 år), som er gode til at skelne mellem rytmiske mønstre også vil præstere bedre i opgaver, der måler arbejdshukommelse. Derudover undersøger specialet, om en ekstern rytme i form af et metronom-klik kan fungere som en støtte for arbejdshukommelsen, når man skal huske og gengive tal i en rigtig rækkefølge.

Gennem et eksperimentelt forsøg sammenlignes deltagernes præstationer i en Digit Span-test under to betingelser, hvor deltagerne henholdsvis testes med og uden en fast

rytme i form af et metronom-klik. Undersøgelsens formål er således at belyse, om en regelmæssig og struktureret rytme kan understøtte arbejdshukommelsen. Forsøgsdesignet er selvudviklet og bidrager med en ny tilgang til at undersøge, hvordan rytmisk stimulation kan påvirke arbejdshukommelsen. Forsøget tager udgangspunkt i og er inspireret af tidligere undersøgelser foretaget af Peter Vuust (2010, 2013).

## 1.1 Problemformulering

Specialets hypotese er derfor, at unge voksne (18–27 år), som er gode til at opfatte og skelne mellem rytmiske mønstre, har en bedre arbejdshukommelse målt ved en Digit Span-test.

Derudover undersøger specialet, om de rytmiske stimulationer med en fast puls i form af et metronom-klik, gør det lettere at strukturere tallene i arbejdshukommelsen. Specialet har derfor følgende problemformulering:

*Er der en sammenhæng mellem rytmiske hørefærdigheder og arbejdshukommelse, herunder hvad er effekten af rytmisk træning på arbejdshukommelsen målt ved en Digit Span-test?*

For at kunne undersøge sammenhængen mellem rytmiske hørefærdigheder og arbejdshukommelse, er det nødvendigt først at definere en række centrale begreber. I det følgende teoriafsnit gennemgås derfor relevant teori om musiklytning og hukommelse, transfereffekt, musikalsk træning, musikalitet, arbejdshukommelse og Digit Span-tests.

## 2. Musik og transfereffekt

### 2.1 Musiklytning og hukommelse

Det er bemærkelsesværdigt, hvordan hørelsen er den første sans, som er færdigudviklet hos fosteret, mens hørelsen formentlig også er det sidste, et menneske mister. Derudover er det interessant, hvordan mennesker i koma kan høre og påvirkes af auditive indtryk. Det hævdes, at flere patienter efter at være vågnet er i stand til at huske musik, som de har været udsat for, mens de var i koma (Bonde, 2009, s. 35). I denne sammenhæng er musik således et kognitivt fænomen, hvor hjernen, kroppen og øret samarbejder i forhold til vores

forståelse og oplevelse af musik, mens hjernen i denne proces fungerer som kommandocentral (Bonde, 2009, s. 45).

Derudover pointeres det, at det auditive system, det visuelle system og hukommelsen alle spiller en vigtig rolle med hensyn til musikudøvelse og glæden ved musik. Det er nødvendigt at have en god hukommelse, idet man ikke kan løse selv en enkelt musikalsk opgave uden at bruge sin hukommelse (Bonde, 2009, s. 52-53).

Endvidere argumenteres der for, at auditiv og visuel hukommelse er højt udviklet hos musikere, idet der er mange eksempler på imponerende musikalske hukommelseskapaciteter. Et kendt eksempel er her Mozart, der som 14-årig nedskrev Allegris *Miserere* - et længere korværk for ni stemmer - efter blot at have hørt det to gange i det Sixtinske Kapel. Et andet eksempel er den danske komponist Rued Langgaard, der kunne spille værker på klaver eller orgel efter hukommelsen, selvom han havde hørt dem mange år tidligere og aldrig havde spillet dem før. Desuden er der flere dagligdags eksempler på, hvordan musikere har en evne til at huske lange værker, idet mange store solister spiller uden noder, og mange dirigenter er i stand til at huske timelange værker udenad. Denne evne ses også hos intellektuelt højt fungerende mennesker med autisme, eksemplificeret ved en 16-årig dreng med autisme, som kunne gengive blokfløjtemusik, der kun var blevet afspillet for ham én gang (Bonde, 2009, s. 52-53).

Inden for dansk forskning har psykologen Mogens Hansen i 1990 formuleret en musikalsk udviklingsteori i form af en tre-fase-model, der kobler den musikalske udvikling til hjernens bearbejdning af musikalske informationer (Bonde, 2009, s. 56). Menneskets musikalske udvikling kan ifølge Hansen skildres i de følgende 3 faser:

1. I den første fase er der tale om en almen og upræcis lytten til musik og melodier med højre hjernehalvdel. Det er en overvejende biologisk-universel bestemmelse, som stort set alle mennesker har modtaget fra naturens side.
2. Herefter udvikles færdigheden i at lytte til de præcise detaljer i musikken, idet man over lang tid beskæftiger sig med aktiv musikudøvelse og lytning. Det er en analyserende lyttemåde, der er betinget af, at venstre hjernehalvdel kobles ind og deltager.

3. I den tredje fase opnår den professionelle musiker og musikelsker færdighed i at lytte til og anerkende musikkens fine detaljer samt være i stand til at opleve musikkens emotionelle udtryk og helhed. Dette er betinget af en balanceret vekselvirkning mellem de to hjernehalvdeles særlige måder at bearbejde indtryk på, hvilket er en overvejende kulturel-specifik bestemmelse (Bonde, 2009, s. 56-57).

I forlængelse af dette påpeges det, at man på Center for Funktionel Hjerneforskning i Århus i de senere år har erhvervet sig en omfattende viden om kognition, musiklytning og hjerneprocesser, som understøtter Hansens teori. I denne sammenhæng er det især jazzmusikeren og hjerneforskeren Peter Vuusts projekter fra 2007 og 2008, som har skabt opmærksomhed, idet Vuust især har undersøgt, om der er forskelle i hjernen mellem musikere og ikke-musikere. Der er her fokus på at undersøge, hvorvidt musikalsk træning har indflydelse på de processer, som aktiveres ved musiklytning. I den forbindelse har Vuust eksperimentelt undersøgt hjerneaktiviteten i områder, som relaterer sig til hørelse/gehør (Bonde, 2009, s. 57).

Efterfølgende er Peter Vuust blevet leder for Danmarks Grundforskningsfonds Center for Music in the Brain (MIB) på Aarhus Universitet, hvor han med sine kollegaer forsker i, hvad det er, som sker i hjernen, når vi lytter til musik og spiller musik. Vuust (2017) pointerer her, at hjerneforskningen i højere grad er blevet opmærksom på, at det at undersøge musik kan være en metode, hvorpå man kan forstå, hvordan hjernen fungerer, samt hvordan den ændres, når vi som mennesker lærer nye ting. Vuust pointerer, at musik kan aktivere det meste af vores hjerne, hvor hjernens plasticitet især er vigtig, idet hjernen kan ændres gennem træning. Denne forskning er i et fremtidigt perspektiv relevant for kortlægningen af hjernens funktioner, hvilket er afgørende for, at man på sigt kan behandle de mange sygdomme, som vedrører hjernen, såsom Alzheimers sygdom, Parkinsons sygdom og slagtilfælde. Forskningen ved Center for Music in the Brain (MIB) giver således et grundlag for at benytte musik mere direkte i forhold til forbedring af søvnkvalitet, smertelindring, bedre forståelse af ADHD og autisme samt i forhold til genoptræning af personer med bl.a. Parkinson og kunstig hørelse (Vuust, 2017, s. 11-12).

I forhold til musik og transfereffekt kan man derfor sætte spørgsmålstegn ved, om musikalsk

læring kan overføres til andre lærings- og livsområder. Inden for musikpsykologien anvendes begrebet "transfer" om to forskellige mulige måder, hvorved det at beskæftige sig med musik kan have indflydelse på andre områder. Den såkaldte "Mozart-effekt" handler om korttidseffekten af musiklytning, mens "transfer-effekten af musikundervisning" her omhandler langtidseffekten af musikundervisning i relation til ikke-musikalske mål. Et eksempel på dette er, at musikundervisning kan have en positiv effekt på blandt andet sprogindlæring (Bonde, 2009, s. 217). Inden for musikpsykologisk forskning er den 'anvendte forskning' et af de områder, der er vokset mest i løbet af de seneste årtier, hvilket vil sige undersøgelser af, om musik og musikoplevelser kan have positive effekter inden for ikke-musikalske områder såsom læring, sundhed, livskvalitet og psykologisk funktionsniveau (Bonde, 2009, s. 218).

## 2.2 Mozart-effekten

Det førnævnte udtryk "Mozart-effekten" stammer fra den amerikanske forsker Frances Rauscher, der i 1993 lod en gruppe collegestuderende lytte til Mozarts *Sonate for to klaverer i D-dur* (K. 448). Efter at have lyttet til sonaten blev forsøgspersonerne testet i en intelligenstag (Stanford-Binet-intelligenstesten), mens to andre grupper inden da havde lyttet til afslapningsbånd eller siddet i stilhed i ti minutter. Forskerne sammenlignede her gruppernes præstationer, som overraskende viste, at Mozart-gruppen havde klaret sig otte-ni point bedre end de andre grupper (Rauscher et al., 1993, s. 611).

Denne nyhed gik verden rundt, idet den var publiceret i det anerkendte videnskabelige tidsskrift *Nature*, hvor det pointeres, at teksten blev fortolket, som at Mozarts musik og kun Mozarts musik gør dig klogere. Derudover blev der blandt andet i staten Kansas bevilget 300.000 dollars til at indrette Mozart-lytterum i børnehaver for at børnene kunne blive klogere ved at lytte til musik. Denne effekt ses på lignende måde i dag, hvor man kan møde den holdning, at Mozarts musik sandsynligvis har en større udviklende effekt sammenlignet med anden musik. Dette ses, idet man kan købe cd'er som "Baby Mozart", der promoveres som havende en positiv effekt på småbørn, hvortil Mozart-effekten er blevet fremhævet af politikere som en grund til, at der skal være mere musik i skolen (Vuust, 2017, s. 127-128).

Mozart-effekten kan dog diskuteres, idet forskerne bag den originale artikel af Rauscher ikke argumenterer for, at Mozarts musik har en bedre effekt end anden musik. Der er således tale om en historie, der er skabt af medierne. Derudover pointeres det, at forsøgspersonerne kun klarede sig bedre i en specifik del af intelligenstagningen kaldet *the paper folding and cutting-task*. Der er her tale om en delopgave, som tester mental rumlig intelligens, idet forsøgspersonerne skulle folde et stykke papir og beskære det mentalt efter bestemte angivelser. Herefter skulle deltagerne vælge, hvilken af fem figurer papiret bliver til, når man forestiller sig, at det foldes ud. Vuust pointerer, at Rauschers forskning har givet provokerende resultater, der har resulteret i omfattende forskning på området. I løbet af de seneste to årtier er der således blevet forsket i musikkens potentielle gavnlige effekter (Vuust, 2017, s. 209-210).

Nyere forskning viser, at effekten hovedsageligt skyldes, at Mozart-stykket er hurtigt, livligt og har en opkvikkende effekt. Dette betyder, at Mozart-gruppen scorer højere i testen, fordi de har været mere parate og i bedre humør sammenlignet med de andre deltagere, som har kedet sig med afslapningsmusik eller siddet i stilhed. Et eksempel på forskningen i Mozart-effekten er en undersøgelse, der sammenlignede Mozart-stykket med Albinonis *Adagio*, som er et meget sørgmodigt og langsomt stykke musik, kendt fra flere film. Undersøgelsen konkluderede, at Albinoni-stykket derimod gav deltagerne dårligere præstationer og humør sammenlignet med testgruppen, der havde siddet i stilhed. Dette viser, at effekten ikke med sikkerhed kan tilknyttes Mozarts musik, men snarere er afhængig af den enkelte deltagers musikalske præference. I denne forbindelse viser undersøgelser, at hvis deltagere foretrækker at lytte til Mozart, præsterer de også bedst ved at lytte til musik af Mozart, mens deltagerne der bedst kan lide at lytte til en fortalt historie, opnår en større effekt her end ved at lytte til Mozart (Vuust, 2017, s. 210-211).

Endvidere pointerer Vuust, at idéen om Mozart-effekten således kan afvises, da der ikke er en påviselig langtidseffekt på intelligensen af at lytte til musik. I forhold til Mozart-effekten, har forskningen fokuseret på at undersøge effekterne af passiv musiklytning. Dog er det mere sandsynligt, at aktiv musikudøvelse og musikalsk træning kan have en positiv effekt på andre kognitive områder, hvilket stadig undersøges af flere forskergrupper verden over (Vuust, 2017, s. 212).

Et eksempel på dette er en forskergruppe i Marseille ledet af professor Mireille Besson, der har sammenlignet sprogtone (prosodi) med melodi i musik, idet prosodi i sprog har ligheder med musik. I denne kontekst er det vigtigt at kunne forstå tonefaldet i sproget for at forstå, om en sætning for eksempel er ment ironisk. Ifølge Bessons undersøgelser er børn i alderen 9 til 11 år, som får musikalsk træning, bedre til at opfatte prosodi sammenlignet med testgruppen af børn, som modtog dramaundervisning. Derudover viser flere forsøg en forbedret verbal hukommelse hos børn, der har modtaget musikundervisning, mens der ikke ses en forbedring af visuel hukommelse. Disse resultater antyder derfor, at musikalsk træning har en positiv effekt på børns kognitive evner. Disse konklusioner bruges således ofte som argument for at styrke og prioritere musikundervisningen i børnehaver, folkeskoler og gymnasier (Vuust, 2017, s. 212-213).

## 2.3 Musikalsk træning og transfereffekt

I forhold til transfereffekt som følge af musikalsk træning argumenterer Vuust for, at man skal være kritisk og forsigtig med disse konklusioner, idet tre forhold gør sig gældende. Et centralt første punkt er her, at de anvendte scanningsmetoder har givet nye muligheder for at undersøge, om der er en sammenhæng mellem menneskelig adfærd og hjernens aktivitet. Dog er begrænsningen, at der ikke nødvendigvis er en årsagssammenhæng mellem hjerneaktivitet og det, som forsøgspersonerne eksponeres for. Derfor vil resultaterne sandsynligvis blive modificeret i de kommende årtier, da der kan være flere mellemregninger mellem årsag og virkning, som man endnu ikke har viden om. Et andet argument er, at den målte effekt er relativt lille. Der er således tale om en lille generel effekt af musikalsk træning, som ikke er i stand til at erstatte undervisning i fag som dansk og matematik. Det tredje argument i forhold til denne type forsøg er, at det nærmest er umuligt at sikre sig, at der ikke er forskel på de to grupper af forsøgspersoner, som man sammenligner, idet andre faktorer kan være afgørende for resultaterne (Vuust, 2017, s. 213-214).

Derudover påpeger Vuust, at musikundervisning kan have en positiv indvirkning på andre områder end de musikalske, men han er forbeholden over for at bruge transfereffekten som hovedargument for mere musikundervisning i skolen. Baggrunden for dette er, at hvis musikundervisning reduceres til kun at være i stand til at styrke færdigheder i andre fag som

matematik og dansk, så antyder det, at musikfaget som disciplin er mindre værd end disse fag. Ifølge Vuust taler musik både til følelser og intellekt, dog skal man være varsom med at bruge musiks potentielle langtidsvirkning på intellektet som et argument for musiks værdi for samfundet. I stedet hævdes det, at musiks følelsesmæssige virkning på kort og lang sigt er et bedre argument for at prioritere musik i skolen og samfundet (Vuust, 2017, s. 214).

På trods af dette påpeger Vuust, at transfereffekten fra det musikalske til andre kognitive egenskaber kan ses i relation til undersøgelser af testpersoners arbejdshukommelse. Dette aspekt uddybes nærmere i afsnit 2.5, hvor arbejdshukommelse defineres.

Forud for dette er det relevant at se nærmere på fænomenet musikalitet og genres betydning på dette område.

## 2.4 Musikalitet og gener

Begrebet musikalitet er først og fremmest svært at definere og er et komplekst fænomen. Ifølge Vuust kan fænomenet ikke lokaliseres til et bestemt område eller nogle bestemte funktioner i hjernen. Musikalitet er derfor mere end blot kombinationen af vores finmotorik, gehør, musikalske hukommelse og andre kognitive egenskaber. Et eksempel på dette er, at musikere som Mozart, Paul McCartney og Stevie Wonder alle ses som musikalske, men deres færdigheder og hjerner er meget forskellige. Et andet argument er, at hvis man begrænser sig til en specifik musikalsk genre eller tradition, er det muligt, at der er enighed om, hvad man kan betegne som musikalitet. Vuust påpeger, at forskningen især har beskæftiget sig med, hvilke motoriske og gehørmæssige forskelle der er på musikere og ikke-musikere. For at man kan tale om musikalitet, er det typisk nødvendigt at have gode evner inden for disse områder (Vuust, 2017, s. 129-130).

Et eksempel på dette motoriske system er, at man som klassisk pianist både skal kunne være i stand til at fremføre musikken rent teknisk og samtidig formidle musikkens emotionelle, klanglige og æstetiske udtryk. Et andet eksempel er det at spille bas i et rockorkester, hvor de motoriske krav kan være lavere. I stedet er man her mere afhængig af at besidde rytmiske, gehørmæssige og improvisatoriske evner. Uanset genre har musikere på højt niveau investeret adskillige timer og år på at udvikle deres motoriske og gehørmæssige

færdigheder, så deres musikalitet ikke skal være begrænset af manglende færdigheder, men i stedet kan udfoldes frit. I denne forbindelse pointeres det, at det at øve sig er afgørende for, at man forbedrer sig som musiker, dog øver de fleste musikere sig mest i deres ungdom (Vuust, 2017, s. 130).

Det er således relevant at belyse, hvad der sker med hjernen, når man øver sig. Vuust henviser her til nye hjerneforskningsmetoder, som kan spore funktionelle og anatomiske ændringer af hjernen. Dette giver således en forståelse for de hjernemæssige forudsætninger for musikalitet. I løbet af de sidste årtier er der forsket i, hvordan hjernen udvikles hos musikere, der øver sig på daglig basis. En bemærkelsesværdig opdagelse er her, at forskellige områder af hjernen ændres rent anatomisk, hvilket gælder for motoriske områder i den øverste del af hjernebarken, som styrer hænderne. Forskere fra Harvard Medical School i Boston har under ledelse af den tyske neurolog Gottfried Schlaug brugt en metode, der kaldes "voxel-based morphometry" (VBM), som kan måle, hvor meget grå substans, der er i forskellige hjerneområder. Schlaugs forskergruppe sammenlignede her hjernebarken hos 20 professionelle pianister, 20 amatørpianister og 40 ikke-musikere. Resultaterne viste, at musikerne har en fortykkelse af hjernebarken inden for premotoriske, motoriske og sensorisk-motoriske områder, hvilket er områder, der vedrører hænderne. Derudover viste studiet, at hjernebjælken (corpus callosum) er større hos musikere sammenlignet med ikke-musikere, hvilket peger på, at musikere har en bedre kommunikation mellem højre og venstre hjernehalvdel. Denne motoriske egenskab er således relevant for musikere, da det at spille på et instrument ofte kræver, at man kan koordinere mellem højre og venstre hånd (Vuust, 2017, s. 136-137).

Endvidere er et andet resultat fra undersøgelsen, at koncertpianisterne havde mest hjernebark i venstre hjernehalvdel, hvilket er det område, der styrer højre hånd. Pianister bruger generelt højre hånd til at lave melodier og avancerede bevægelser, som trænes oftere sammenlignet med venstre hånd. Dette påpeger således, at området er blevet større, fordi pianister træner højre hånd mere. I modsætning til pianister bruger musikere, som spiller stryge- eller strengeinstrumenter, deres venstre hånd til at udføre de specialiserede bevægelser. Det er her venstre hånd og de forskellige fingre, som bestemmer tonen og flytter sig frem og tilbage, mens den højre hånd for eksempel bevæger en violinbue frem og tilbage eller bruger et plektrum. I denne sammenhæng påviste en tysk forskergruppe ledet

af Eckart Altenmüller, at hjernebarken hos strygere har en større repræsentation af venstre hånds fingre sammenlignet med højre hånd (Vuust, 2017, s. 137-138).

Resultaterne fra disse eksperimenter indikerer således, at de nævnte anatomiske forandringer ikke er arveligt betingede, men er et resultat af musikalsk træning. Dette bekræftes af forskningsresultater med aber, som viser, at deres motoriske hjernebark bliver større, når man i en længere periode træner dem i specifikke motoriske opgaver. Derudover viser forskning, at der hos musikere er en direkte sammenhæng mellem antallet af daglige øvetimer og størrelse af lillehjernen. Vuust argumenterer dermed for, at det er sandsynligt, at de motoriske anatomiske forandringer i musikeres hjerner hovedsageligt skyldes øvning (Vuust, 2017, s. 137-138).

I forhold til definitionen af musikalitet argumenterer Vuust for, at de høremæssige færdigheder ikke alene udgør musikaliteten. Det påpeges her, at der er betydelige forskelle på, hvilke evner der er mest værdsat inden for en specifik musikalsk genre. Dertil hævder Vuust, at musikaliteten kan hænge sammen med en vurdering af den enkelte musikers gehør. Dette gehør betegnes som "det analytiske øre", hvilket er de lydmæssige forskelle, som et menneske er i stand til at høre og vurdere. Det analytiske øre kan således trænes i faget hørelære, hvor musikstuderende træner deres evne til at skelne mellem og vurdere forskellige rytmer, melodier, akkorder og skalaer. Disse evner kan måles, idet man beder studerende skrive ned på noder, de rytmer eller melodier, som de hører. Vuust pointerer her, at forudsætningerne for et godt analytisk øre formes tidligt i musikeres opvækst, men at man med målrettet daglig træning kan opnå betydelige fremskridt (Vuust, 2017, s. 156-157).

Derudover kan det analytiske øre også findes hos personer uden musikalsk træning eller baggrund, og det er således ikke kun begrænset til musikere eller erfarne musiklyttere. Vuust argumenterer for, at et godt analytisk øre ikke er tilstrækkeligt for at have et godt gehør. I denne forbindelse anvendes betegnelsen "det kommunikative musikøre", hvilket er en musikers evne til at bruge det som høres på en konstruktiv måde, idet man kommunikerer med andre musikere i samspil. Ifølge Vuust er det kommunikative øre således ofte vigtigere end det analytiske øre. Det pointeres, at det kommunikative musikøre er betinget af en persons almene sociale, kommunikative og kreative kompetencer. Dette kan

omhandle at holde pauser, give plads til andre og lytte til det, som de andre musikere spiller. Disse egenskaber er på lignende måde vigtige for at kunne indgå i en samtale med andre mennesker. Den kommunikative succes i musik afhænger, på samme måde som en samtale, af at musikerne er i stand til at kommunikere med hinanden. Vuust pointerer, at det kommunikative øre viser sig på yderst komplekse og personlige måder, og derfor er det svært at måle denne afgørende del af musikaliteten med hjernescanninger og adfærdstests (Vuust, 2017, s. 157-158).

Begrebet musikalitet er således svært at måle med hjernescanninger, da der er tale om et fænomen med en multidimensional karakter. Det er dog muligt at måle på specifikke egenskaber, der knytter sig til musikalitet ved brug af forskellige hjernescanningsteknikker. Forsøgspersoners gehør kan her måles ved hjælp af hjernescanningsteknikker, der er i stand til at måle effektiviteten af forsøgspersoners auditive system i relation til parametre som tonehøjde, klang, lokalisering og rytmiske forskydninger. Ifølge Vuust er en persons musikalitet dog summen af dens evner og begrænsninger, hvortil musikaliteten sandsynligvis ofte har en individuel karakter. Imidlertid pointeres det, at mange mener absolut gehør er den ultimative form for musikalitet, hvilket også kan påvises i hjernens struktur. Et eksempel er dog her, at personer som er diagnosticeret som tonedøve, kan være gode til at kommunikere musikalsk i form af musikkens rytmiske elementer (Vuust, 2017, s. 189-190).

Endvidere påpeger Vuust, at hjerneforskeres metoder er begrænsede, idet de ser på statistiske sammenhænge mellem forsøgspersoner og gentagelser af specifikke opgaver. I denne forbindelse er det vanskeligt at undersøge de kreative og individuelle sider af musikaliteten, da disse netop er kendetegnet ved, at forsøgspersonerne gør unikke og forskellige ting. Dette betyder, at hjerneforskningen kun kan analysere og give en forståelse af enkelte delelementer af fænomenet musikalitet (Vuust, 2017, s. 190).

Henkjan Honing, som er en førende forsker i musikalitet ved Universitetet i Amsterdam, undersøger netop de kognitive og biologiske elementer af musikaliteten. Honing definerer musikalitet som en medfødt og udbredt evne til musik, som kan betragtes som et naturligt, spontant udviklende sæt af træk, der er baseret på og begrænset af vores kognitive evner og deres underliggende biologi. Honing argumenterer således for, at musikalitet er en medfødt

og universel evne hos alle mennesker, som ikke er afhængig af musikalsk træning, men derimod er funderet i vores kognitive og biologiske forudsætninger (Honing, 2018, s. 51).

Ian Cross, som er professor i musik ved University of Cambridge, argumenterer på lignende måde for, at musikalitet er en grundlæggende menneskelig evne til musik, som er relateret til kapaciteten for kultur. Cross pointerer, at den generelle musikalitet muligvis har fælles musikalske strukturer på tværs af kulturer, såsom brug af toner og rytmer. Han fokuserer dog på de funktionelle fællestræk ved musikaliteten, idet musik har fælles sociale funktioner på tværs af kulturer. Cross betragter dermed musikalitet som både en kulturel praksis og en medfødt biologisk egenskab (Cross, 2008, s. 149-150).

I forlængelse af dette er det relevant at undersøge de genetiske forudsætninger for musikalitet. For at kunne udøve musik på et højt niveau er det nødvendigt at have en evne til at kunne høre og kategorisere musikalske forandringer. Der er altså tale om brugen af "det musikalsk analytiske øre", hvilket er personers evne til at høre forskel på melodier og rytmer. Vuust påpeger, at der er stor forskel på, om personer er gode til at høre forskel på toner eller rytmer, mens de to egenskaber ikke nødvendigvis hænger sammen. I denne forbindelse er der tale om to forskellige måder at høre toner på, hvilket kan betegnes som relativt gehør og absolut gehør. Relativt gehør vil sige, at man hører toner i forhold til hinanden, idet man bestemmer, hvor stort springet er i forhold til en tidligere tone, samt om en tone går op eller ned. Et eksempel på dette er, at vi i tonearten C-dur hører toner og melodier i forhold til tonen C (Vuust, 2017, s. 194-195). At have absolut gehør vil sige, at man er i stand til at nævne præcis den tone, som bliver spillet uden at gøre brug af et instrument. Dette testes ved, at man spiller en tone på et klaver, hvorefter personen uden at se på fingrene skal kunne gengive tonens navn. Hvis man således er i stand til at nævne tonens navn, har man absolut gehør. Det anslås, at cirka 1 ud af 10.000 mennesker har absolut gehør, hvortil de alle er musikere (Vuust, 2017, s. 200).

Absolut gehør er således genetisk betinget, mens det miljø man vokser op i også spiller en rolle. Det påpeges, at det at spille et instrument fra seksårsalderen er afgørende for at kunne få absolut gehør. Dertil er det en fordel at spille et instrument med faste tonehøjder som et klaver i modsætning til en violin, hvis stemning kan variere fra gang til gang (Vuust, 2017, s.

202). Dette betyder, at ens musikalske færdigheder overordnet set er betinget af det miljø, man vokser op i, samtidig med at de også er arveligt betingede (Vuust, 2017, s. 206).

I forlængelse af dette er det relevant at se på, om det at øve sig på et instrument har en effekt på andre områder, der ikke handler om musik. Denne transfereffekt fra det musikalske til andre kognitive egenskaber uddybes i følgende afsnit, som definerer arbejdshukommelsen.

## 2.5 Arbejdshukommelse

Hukommelse kan defineres som evnen til at huske, hvilket vil sige at gøre brug af tidligere erhvervet information. Der skelnes mellem forskellige typer af hukommelse, hvor langtidshukommelsen er i stand til at fastholde kodet og struktureret information, heriblandt forståelse, viden og minder. Langtidshukommelsen kan opdeles i implicit og eksplicit hukommelse. Den implicitte hukommelse er evnen til at 'huske', hvordan man udfører motoriske opgaver såsom at cykle eller børste tænder. Den eksplicitte langtidshukommelse kan inddeles i semantisk hukommelse, der omfatter viden og fakta, og episodisk hukommelse, som vedrører begivenheder og minder (Sværke et al., 2024).

Nelson Cowan, som er en førende forsker i arbejdshukommelse ved University of Missouri, definerer og argumenterer for, at der findes tre typer af hukommelse: langtidshukommelse, korttidshukommelse og arbejdshukommelse. Langtidshukommelsen defineres på lignende måde som et omfattende lager af viden samt en registrering af tidligere begivenheder og erindringer (Cowan, 2008, s. 2).

Korttidshukommelsen defineres som en midlertidig aktivering af information, der kommer fra langtidshukommelsen. Denne aktiverede information kan forfalde over tid, medmindre informationen genopfriskes og vedligeholdes. En delmængde af den aktiverede information er i opmærksomhedens fokus. Dette fokus har en begrænset kapacitet i forhold til antallet af enheder, der kan fastholdes i bevidstheden samtidigt. Korttidshukommelsen adskiller sig derfor fra langtidshukommelsen på to forskellige måder. Der er tale om en forskel i tidsmæssig varighed og kapacitet, da der er en grænse for, hvor mange enheder man kan

holde i korttidshukommelsen ad gangen (Cowan, 2008, s. 4).

Arbejdshukommelsen inkluderer korttidshukommelsen samt andre kognitive processer, som hjælper med at gøre brug af korttidshukommelsen (Cowan, 2008, s. 3). Cowan påpeger, at forskellen mellem korttidshukommelse og arbejdshukommelse i høj grad afhænger af den teoretiske definition, man anvender. Derudover nævnes vigtigheden af et aktivt opmærksomhedssystem, som både anvendes til at bearbejde og lagre information. Effektiviteten af dette system og hvordan det bruges i arbejdshukommelsen varierer betydeligt fra person til person. Endvidere forbedres arbejdshukommelsen i barndommen og forringes igen i alderdommen (Cowan, 2008, s. 13).

På lignende måde definerer Vuust (2017) arbejdshukommelsen som hjernens evne til midlertidigt at fastholde og bearbejde en vis mængde information. Denne information er begrænset til cirka syv elementer og varierer fra person til person. Arbejdshukommelsen kan således måles hos enkelte forsøgspersoner ved, at man beder dem om at huske en række tal, der læses op, for eksempel: 1,4,8,9,2,3. Herefter skal forsøgspersonerne gentage tallene i samme rækkefølge eller eventuelt i omvendt rækkefølge (Vuust, 2017, s. 138-139).

Endvidere pointerer Vuust, at han sammen med sine kolleger i flere forskellige forsøg har påvist, at musikere har bedre arbejdshukommelse end ikke-musikere. Der er en sammenhæng mellem, hvor højt de scorer i test, der måler arbejdshukommelse, og hvor gode de er, når man tester deres musikalske færdigheder (Vuust, 2017, s. 139).

Den musikalske test, som Vuust og kolleger har benyttet, er en modificeret udgave af den rytmiske og melodiske imitationstest, der i flere år har været benyttet ved de rytmiske musikonservatorier i Danmark ved optagelsesprøver og afsluttende eksaminer. Testen giver således et godt billede af den studerendes rytmiske og melodiske færdigheder. Den består af 30 trommerytmer eller melodier af halvanden takts længde, som den studerende skal gengive efter afspilning på en computer. Vuust påpeger, at jo bedre man er til at gengive rytmer og melodier, desto bedre arbejdshukommelse har man (Vuust, 2017, s. 139).

I denne forbindelse kan man sætte spørgsmålstegn ved, om dette forhold også kan ses i

hjernen. Vuust har her i samarbejde med den canadiske forsker Mallar Chakravarty undersøgt, om der skulle være en sammenhæng mellem hjernebarkens tykkelse i de områder af hjernen, der har med arbejdshukommelse at gøre og musikalske færdigheder. I undersøgelsen MR-scannede de 17 jazz-/rockmusikeres hjerner, hvortil de testede deres melodiske og rytmiske evner. Herefter blev den musikalske score sammenlignet med hjernebarkens tykkelse ved brug af en moderne metode, som kaldes "deformation-based-morphometry" (Vuust, 2017, s. 140).

Resultaterne af forsøget viste signifikante lokale fortykkelser af hjernebarken i motoriske og auditoriske områder. Desuden blev der fundet fortykkelse af hjernebarken i frontallappen i en del af Brocas område, samt i områder, der normalt forbindes med arbejdshukommelse. Vuust pointerer her, at denne sammenhæng giver mening, da imitationstesten forudsætter, at man midlertidigt kan holde og lagre den sekvens, man skal imitere i arbejdshukommelsen. Derudover viste forsøget, at seks ud af de otte signifikante områder var lokaliseret i venstre hjernehalvdel. Dette indikerer, at det hovedsageligt er grå substans i venstre hjernehalvdel, som vokser, idet man udvikler sig rytmisk (Vuust, 2017, s. 140).

Overordnet set indikerer undersøgelserne af hjernens anatomi hos musikere, at daglig musikudøvelse kan føre til strukturelle ændringer af områder af hjernen, som vedrører motorisk og auditiv aktivitet, visse centrale sprogområder samt arbejdshukommelsen. Dog pointerer Vuust, at selvom resultaterne tyder på, at musikalsk træning og øvelse medfører fortykkelse af hjernebarken og mere grå masse i hjernen, så vides det ikke med sikkerhed, hvilken effekt ændringen har på hjernens funktioner (Vuust, 2017, s. 140).

I forhold til dette udgøres den grå substans i hjernen af neuronernes cellekroppe og i et vist omfang de forbindelser eller synapser, som de har med andre neuroner i nærområdet. Vuust påpeger, at man nemt kan få den opfattelse, at mere grå substans i et område er ensbetydende med, at hjernen fungerer bedre der. Dette er dog ikke altid tilfældet, da der findes eksempler, som faktisk viser, at mere hjernebark i et område er et udtryk for, at hjernen har forsøgt at kompensere for en manglende funktion. På lignende måde betyder det at have store muskler ikke nødvendigvis, at man præsterer bedre i bestemte motoriske opgaver (Vuust, 2017, s. 141).

Som tidligere nævnt kan arbejdshukommelsen måles hos enkelte forsøgspersoner, idet man beder dem om at huske en række tal, der læses op, hvorefter deltagerne skal gengive tallene mundtligt i samme rækkefølge eller i omvendt rækkefølge (Vuust, 2017, s. 138-139). Denne test kaldes for en Digit Span-test og er benyttet i flere forsøg, som tester musikere og ikke-musikeres verbale arbejdshukommelse (Wallentin et al., 2010, s. 192).

I et studie af Hansen et al. (2013) undersøgte man ligeledes, om musikere har en bedre verbal arbejdshukommelse end ikke-musikere. I modsætning til tidligere studier benyttede de en standardiseret og valid *Digit Span* (DS) deltest fra *Wechsler Adult Intelligence Scale, Third Edition* (WAIS-III), som måler verbal arbejdshukommelse (Hansen et al., 2013, s. 780).

Digit Span-testen består af to deltests, kaldet *Digit Span Forward* og *Digit Span Backward*. Ved *Forward*-testen læser forsøgslederen en række cifre højt for deltageren med en hastighed på ét ciffer i sekundet. Når forsøgslederen har læst talrækken op, skal deltageren efterfølgende gentage cifrene i den samme rækkefølge. Testen starter ud med to cifre, hvorefter talrækken forlænges med ét ciffer, når to forsøg af samme længde er blevet gennemført korrekt. Testen afsluttes, når deltageren svarer forkert på to forsøg med samme længde. *Forward*-testen giver en score, der angiver den længste række cifre, som deltageren gengiver korrekt (Longest Digit Span Forward; LDSF). *Backward*-testen er identisk med *Forward*-testen, bortset fra at deltageren skal gentage cifrene i omvendt rækkefølge. Testen giver på samme måde en score (Longest Digit Span Backward; LDSB), der angiver den længste række cifre, som deltageren korrekt gengiver i omvendt rækkefølge (Hansen et al., 2013, s. 782).

I det følgende afsnit gennemgås tidligere forskning og forsøg på området, der undersøger, om musikere har en bedre arbejdshukommelse end ikke-musikere ved brug af en Digit Span-test.

### 3. Tidligere studier der anvender MET og Digit Span-tests

Som tidligere nævnt pointerer Vuust, at han sammen med sine kolleger i flere forskellige forsøg har påvist, at musikere har en bedre arbejdshukommelse end ikke-musikere. Det påpeges, at der er en sammenhæng mellem, hvor højt de scorer i test, der måler

arbejdshukommelse (Digit Span-test), og hvor gode de er, når man tester deres musikalske færdigheder (Vuust, 2017, s. 139).

### 3.1 Wallentin et al. (2010)

Wallentin et al. (2010) er i denne forbindelse relevant, idet de har udviklet "The Musical Ear Test" (MET), som værende en ny valid test, der er i stand til at måle forsøgspersoners musikalske færdigheder. Testen er udviklet, fordi der ifølge forskerne var behov for en ny, kort, pålidelig og let tilgængelig test, som kan vurdere musikalsk kompetence hos både højtuddannede musikere og hos personer uden musikalsk baggrund (Wallentin et al., 2010, s. 189).

Den musikalske kompetencetest (MET) består af 104 forskellige opgaver, hvor deltagerne skal vurdere og bestemme, om to korte musikalske fraser er "ens" eller "forskellige". For at gøre testen så kort og enkel som muligt, er der fokus på to grundlæggende aspekter af musik, nemlig melodi og rytme. Den melodiske deltest består af 52 lyd-par af melodiske fraser, som spilles med samplede klaverlyde. Den rytmiske deltest består af 52 lyd-par af rytmiske fraser, der spilles med en træblok-lyd. Deltagerne svarer på hver opgave ved at krydse ét af to felter af på et svarark. Før hver deltest får deltagerne to prøveeksempler (A og B), hvor de skal krydse "ja" eller "nej" i felterne. Herefter modtager deltagerne feedback, inden selve testen starter. Halvdelen af opgaverne i hver deltest (26) er "ens", mens den anden halvdel er "forskellige". Rækkefølgen af opgaverne er tilfældig i begge deltests (Wallentin et al., 2010, s. 189).

Melodierne i den melodiske deltest består af 3 til 8 toner. Den enkelte melodi har en varighed på én takt og afspilles i et tempo på 100 bpm (taktslag pr. minut). 25 af opgaverne indeholder toner, som er uden for den diatoniske skala. 20 af de resterende opgaver er i dur, mens de andre 7 er i mol. Rækkefølgen af opgaverne er tilfældig, og derfor varierer sværhedsgraden også. Sekvenserne i den rytmiske deltest indeholder 4 til 11 træblok-slag, som er ledsaget af en metronom med lavere lydstyrke. Alle sekvenserne har en varighed på én takt og afspilles i et tempo på 100 bpm i 4/4. De opgaver som er "forskellige" består af én rytmisk ændring. Rytternes kompleksitet varierer yderligere, idet 21 af opgaverne

indeholder trioler. De resterende 31 opgaver har kun lige underdelinger af taktslaget. 37 af opgaverne begynder på første taktslag (downbeat), mens de resterende opgaver starter senere i takten. Rækkefølgen af disse er igen tilfældig, og derfor varierer sværhedsgraden også. MET-testen tager samlet set 18 minutter at gennemføre, hvortil der ikke gives feedback under selve testen (Wallentin et al., 2010, s. 189-190).

Wallentin et al. (2010) anvender en Digit Span Forward-test, men specificerer ikke testens oprindelse. Ved denne Forward-test læser forsøgslederen en række cifre højt for deltageren med en hastighed på ét ciffer i sekundet, hvorefter deltageren skal gentage cifrene i den samme rækkefølge. Testen starter ud med fire cifre. Ved hvert antal cifre (niveau) får deltagerne fire opgaver. For at gå videre til næste niveau skal deltagerne gentage den korrekte talrække i mindst tre ud af fire opgaver. Testen afsluttes, hvis deltageren svarer forkert på to forsøg med samme længde. Forward-testen giver en score, der angiver den længste række cifre, som deltageren gengiver korrekt (Wallentin et al., 2010, s. 192).

Dette studie har 60 deltagere, fordelt på 18 professionelle musikere, 21 amatørmusikere og 21 ikke-musikere. Professionelle musikere blev defineret som deltagere, der enten levede af at spille musik eller som var optaget på eller uddannet fra et af musikkonservatorierne i Danmark. Tretten af de professionelle musikere betragtede sig selv som jazz-/rockmusikere, mens fem primært betragtede sig som klassiske musikere. Amatørmusikere blev defineret som deltagere, der havde spillet et instrument i mindst to år, og som gennemsnitligt det seneste år havde øvet sig mindst én time om ugen. Deltagere som ikke havde nogen aktuelle musikalske aktiviteter blev betragtet som værende ikke-musikere (Wallentin et al., 2010, s. 192).

Wallentin et al. (2010) anvender den musikalske kompetencetest (MET) i tre eksperimenter for at kunne måle musikalske evner hos både musikere og ikke-musikere. Det første eksperiment viser, at MET-testen klart kan skelne mellem en gruppe af professionelle musikere og en gruppe af ikke-musikere. Det andet eksperiment demonstrerer, at resultaterne fra MET-testen har en stærk korrelation med mål for musikalsk ekspertise, som er opnået ved brug af en imitationstest. Det tredje eksperiment konkluderer, at MET-testen tydeligt kan skelne mellem grupper af ikke-musikere, amatørmusikere og professionelle

musikere. Derudover ses der en korrelation mellem, hvor meget man øver sig blandt de professionelle musikere, og en korrelation med resultaterne i Digit Span Forward-testen (Wallentin et al., 2010, s. 188).

Resultaterne for MET-testen viser dermed, at der er en tydelig forskel mellem grupperne i forhold til den samlede score for de to deltests. De korrekt besvarede opgaver er udregnet i procent i forhold til de 104 opgaver. Ikke-musikere opnåede en gennemsnitlig samlet score på 67,8 %, amatørmusikere 78,0 %, og professionelle musikere 85,7 %. (Wallentin et al., 2010, s. 192).

Derudover ser resultaterne ikke ud til at være påvirket af demografiske faktorer såsom køn og uddannelsesniveau. Forsøget indikerer også her en lille effekt af at spille et instrument på den verbale arbejdshukommelse i form af Digit Span Forward-testen. Dette bekræfter således tidligere fund af en svag transfereffekt af musikalsk træning til andre auditive områder (Wallentin et al., 2010, s. 193-195).

Resultaterne viser, at der er forskel mellem grupperne i Digit Span Forward-testen, idet ikke-musikere i gennemsnit scorer (5,67), amatørmusikere (6,24), og professionelle musikere (6,39). Den statistiske analyse viste, at ikke-musikere havde en signifikant lavere digit span-score end professionelle musikere. Dette ses ved en p-værdi på 0,04. En p-værdi angiver her sandsynligheden for, at den observerede forskel i grupperne er opstået ved en tilfældighed. Hvis p-værdien er under 0,05 betragtes den observerede forskel som statistisk signifikant. Forskellen mellem ikke-musikere og professionelle musikere er således statistisk signifikant, da p-værdien er 0,04, hvilket betyder, at det er usandsynligt, at forskellen skyldes tilfældigheder. Dog indikerer den statistiske sammenligning, at der ikke er signifikante forskelle mellem ikke-musikere og amatørmusikere eller mellem amatørmusikere og professionelle (Wallentin et al., 2010, s. 192-193).

### 3.2 Hansen et al. (2013)

Hansen et al. (2013) tager udgangspunkt i det tidligere nævnte studie af Wallentin et al. (2010), idet forskerne på lignende måde undersøger, om der findes en korrelation mellem

musikalske færdigheder og verbal arbejdshukommelse hos musikere og ikke-musikere.

I modsætning til Wallentin et al. (2010) benytter Hansen et al. (2013) en standardiseret og valid *Digit Span* (DS) deltest fra *Wechsler Adult Intelligence Scale, Third Edition* (WAIS-III), som måler verbal arbejdshukommelse (Hansen et al., 2013, s. 780). Ved denne Digit Span Forward-test læser forsøgslederen, som tidligere nævnt, en række cifre højt for deltageren med en hastighed på ét ciffer i sekundet, hvorefter deltageren gentager cifrene i samme rækkefølge. Testen starter her modsat ud med to cifre, hvorefter talrækken forlænges med ét ciffer, når to forsøg af samme længde er blevet gennemført korrekt. Forward-testen afsluttes, når deltageren svarer forkert på to forsøg med samme længde. Herefter noteres en score, der angiver den længste række cifre, som deltageren gengiver korrekt (Hansen et al., 2013, s. 782).

Hansen et al. (2013) har ligeledes 60 deltagere, fordelt på 20 professionelle musikere, 20 amatørmusikere og 20 ikke-musikere. Der er tale om unge voksne, heraf 26 kvinder, hvor gennemsnitsalderen var 21,0 år med et aldersinterval på 18–29 år. Deltagerne havde alle dansk som modersmål og var primært studerende fra Århus. De tre forskellige grupper blev her defineret ud fra de samme kriterier som i studiet af Wallentin et al. (2010). Derudover udfyldte deltagerne et spørgeskema med oplysninger om deres alder, køn og antal års uddannelse. Desuden angav musikerne deres hovedinstrument, hvor mange timer om ugen de aktuelt brugte på at øve sig på deres instrument, samt hvor mange år de havde spillet på instrumentet (Hansen et al., 2013, s. 781-782).

Endvidere benytter Hansen et al. (2013) den samme musikalske kompetencetest (MET), hvor deltagerne skal vurdere og bestemme, om to korte musikalske fraser er "ens" eller "forskellige". Forsøget benytter den samme melodiske og rytmiske deltest som i Wallentin et al. (2010). Efter testen modtager deltagerne en score for hver deltest, der svarer til antallet af korrekt besvarede opgaver (Hansen et al., 2013, s. 783).

Forsøgets resultater viser, at der også er en forskel mellem grupperne i Digit Span Forward-testen (LDSF). I testen scorer ikke-musikere i gennemsnit (5,75), amatørmusikere (6,30), og professionelle musikere (6,75). Den statistiske analyse viste ligeledes, at

ikke-musikere havde en signifikant lavere digit span-score end professionelle musikere. Dette fremgår af en p-værdi på under 0,01. Forskellen mellem ikke-musikere og professionelle musikere er således statistisk signifikant, da p-værdien er under 0,01, hvilket betyder, at det er usandsynligt, at forskellen skyldes tilfældigheder. Gruppen af professionelle musikere udviste dermed en bedre verbal arbejdshukommelse sammenlignet med ikke-musikere set i form af Digit Span Forward scorerne, hvilket stemmer overens med resultaterne fra det tidligere forsøg (Hansen et al., 2013, s. 784-785).

Resultaterne for MET-testen viser, at der også er en tydelig forskel mellem grupperne i forhold til den samlede score for de to deltests. De korrekt besvarede opgaver er ligeledes udregnet i procent i forhold til de 104 opgaver. Ikke-musikere opnåede en gennemsnitlig samlet score på 68,46 %, amatørmusikere 80,38 %, og professionelle musikere 83,56 %. Den statistiske analyse viste, at både amatørmusikere og professionelle musikere scorede signifikant højere end ikke-musikere. P-værdien er her under 0,001, hvilket indikerer, at forskellene mellem grupperne med stor sandsynlighed ikke skyldes tilfældigheder. Dertil scorede de professionelle musikere i gennemsnit højere end amatørmusikerne, dog er forskellen mellem de to grupper ikke statistisk signifikant (Hansen et al., 2013, s. 786-787).

Derudover er det bemærkelsesværdigt, at der blev fundet en korrelation mellem Digit Span Forward-resultaterne og den samlede MET-score samt den rytmiske deltest. Wallentin et al. (2010) viste lignende resultater, men fandt også en korrelation mellem Digit Span resultaterne og den melodiske deltest. I modsætning til Wallentin et al. (2010) fandt man i dette forsøg ikke en signifikant korrelation mellem deltagernes MET-score og antal ugentlige øvetimer (Hansen et al., 2013, s. 788).

### 3.3 Vuust et al. (2017)

Vuust et al. (2017) er derudover relevant, da det ifølge forskerne er verdens hidtil største forsøg med fokus på, hvordan forskellige faktorer har indflydelse på musikalske hørefærdigheder. Som tidligere nævnt i indledningen er der tale om Masseeksperiment 2016, hvor 20.083 skoleelever fra hele Danmark deltog (Vuust et al., 2017, s. 1).

Ved Masseeksperiment 2016 fik forskerne fra Center for Music in the Brain (MIB) ved Aarhus Universitet ny viden om danske børn og unges forhold til musik samt deres musikalske hørefærdigheder, idet de undersøgte deres evne til at høre små variationer i melodier og rytmer (Vuust et al., 2017, s. 1). Eksperimentet undersøger, om køn, geografi og alder har betydning for børn og unges evner til at skelne mellem små variationer i musik og holde information i hukommelsen (Vuust et al., 2017, s. 1).

I denne forbindelse udviklede forskerne en ny musikquiz, der bestod af en melodiquiz samt en rytmequiz. Formålet var, at teste elevernes musikalske færdigheder i form af at høre små variationer i melodier og rytmer. Den enkelte quiz bestod af 26 lyd-par, hvor eleverne til hvert lyd-par skulle vurdere, om de hørte den samme melodi/rytme to gange, eller om de hørte to forskellige melodier/ rytmer (Vuust et al., 2017, s. 10). I forlængelse af dette skulle eleverne i eksperimentet udføre et huskespil, som gik ud på at huske og derefter gentage en række tal, der blev vist på en skærm. I dette tilfælde skal man i starten huske tre tal, som indtastes på skærmen. Hvis man gengiver alle tallene i den rigtige rækkefølge, går huskespillet videre til fire tal og herefter forøges, indtil eleven ikke kan huske flere tal og svarer forkert (Vuust et al., 2017, s. 16). Derudover skulle eleverne svare på et spørgeskema om deres musikalske aktiviteter (Vuust et al., 2017, s. 8).

Resultaterne viser, at eleverne på tværs af klassetrin i gennemsnit kan huske en rækkefølge på 5,19 tal. Desuden har deltagernes regionale tilhørsforhold eller køn ikke en signifikant betydning for resultatet, hvilket betyder, at drenge har lige så god arbejdshukommelse som piger. Derudover ses der en sammenhæng mellem arbejdshukommelse og alder, idet eleverne på de højere klassetrin i gennemsnit scorer højere end de yngre elever. Eleverne i indskoling husker i gennemsnit 3,9 tal, på mellemtrinnet 5,1, i udskoling 5,6 og elever på ungdomsuddannelser 6,1. I forlængelse af dette påpeger forskerne, at koncentration og opmærksomhed er vigtige forudsætninger for, hvor godt man klarer sig i huskespillet (Vuust et al., 2017, s. 16).

Derudover indikerer resultaterne, at der er en sammenhæng mellem musikalske hørefærdigheder og arbejdshukommelse, hvilket gør sig gældende uafhængigt af klassetrin.

Studiet indikerer, at elever, som har gode hørefærdigheder i forhold til at skelne detaljer i melodier og rytmer, er bedre til at fastholde og bearbejde den information, som er nødvendig for at opnå gode resultater i huskespillet. Dog påpeges det, at man ikke kender noget til årsagssammenhængen. Dette betyder, at elever, som har sans for musik ikke nødvendigvis har en bedre arbejdshukommelse. På samme måde indikerer en højere score i musikquizen ikke nødvendigvis, at man har god arbejdshukommelse (Vuust et al., 2017, s. 18).

Endvidere viser resultaterne, at børn og unge, som spiller musik ved en begivenhed eller ved særlige lejligheder, i gennemsnit kan huske 5,39 tal, mens børn og unge, som ikke spiller musik og øver sig på et instrument, i gennemsnit kan huske 5,22 tal. Dertil husker elever, som modtager soloundervisning i et instrument eller sang, i gennemsnit 5,35 tal, mens elever, der ikke modtager soloundervisning, i gennemsnit husker 5,24 tal. Ifølge Vuust et al. (2017) indikerer disse forskelle, at der er en sammenhæng mellem musikalsk træning og arbejdshukommelse (Vuust et al., 2017, s. 19).

Undersøgelsen konkluderer, at elevernes musikalske færdigheder udvikles med alderen og forbedres gennem udøvende musikaktiviteter. Det er bemærkelsesværdigt, hvordan studiet fremhæver, at det mest interessante resultat er, at man på alle klassetrin fandt en sammenhæng mellem elevernes arbejdshukommelse og deres musikalske hørefærdigheder (Vuust et al., 2017, s. 21).

### 3.3 Swaminathan et al. (2021)

Swaminathan et al. (2021) undersøger med afsæt i de tidligere forsøg, om der er en korrelation mellem musikalske hørefærdigheder (MET) og arbejdshukommelse (Digit Span-Forward-test). Forsøget anvender derfor ligeledes den musikalske kompetencetest (MET), idet deltagerne skal vurdere og bestemme, om to korte musikalske fraser er "ens" eller "forskellige". I dette studie med canadiske universitetsstuderende påpeges det, at der kun var få professionelle musikere. Derfor undersøgte man deltagernes varighed af privat musikundervisning og musikundervisning i skolen (Swaminathan et al., 2021, s. 2009).

Deltagerne bestod af 523 universitetsstuderende fra Canada, fordelt på 350 kvinder, 168 mænd samt fem uden oplyst køn. Gennemsnitsalderen var 19 år, mens størstedelen af deltagerne (n=391) var mellem 17 og 19 år. De fleste deltagere havde ikke modtaget privat musikundervisning (n=369), dog havde nogle haft musikundervisning i skolen (n=280). I gennemsnit havde de modtaget 2,6 års privat musikundervisning og 2,5 års musikundervisning i skolen, mens de i gennemsnit begyndte til musikundervisning i en alder af 10,5 år. Derudover havde de fleste deltagere engelsk som modersmål (n=319), mens en betydelig del (n=197) havde et andet modersmål (Swaminathan et al., 2021, s. 2010).

Resultaterne for MET-testen viser også en tydelig forskel mellem grupperne i forhold til den samlede score for de to deltests. Den gennemsnitlige samlede score for de 523 deltagere var 72,52 korrekte svar ud af 104 opgaver, hvilket giver en svarprocent på 69,73 %. Deltagerne uden musikalsk træning opnåede en gennemsnitlig samlet score på 69,71 korrekte svar, hvilket giver en korrekt svarprocent på 67,02 %. Deltagere med 10 eller flere års musikalsk træning opnåede en gennemsnitlig samlet score på 78,74, hvilket giver en korrekt svarprocent på 75,71 % i MET-testen (Swaminathan et al., 2021, s. 2013).

Swaminathan et al. (2021) påpeger, at resultaterne for begge deltests (MET) havde en korrelation med præstationen i Digit Span Forward-testen. Derudover viste den statistiske analyse, at præstationen i begge deltests steg i takt med varigheden af musikundervisning (Swaminathan et al., 2021, s. 2007). Studiet konkluderer, at resultaterne bekræfter, at MET-testen er brugbar som en objektiv indikator for musikalske færdigheder. Det påpeges, at en god præstation i MET-testen kan forudsiges af mængden af musikundervisning (Swaminathan et al., 2021, s. 2020).

I det følgende afsnit præsenteres specialets forsøgsdesign, der tager udgangspunkt i og er inspireret af de førnævnte studier.

## 4. Forsøgsdesign

Formålet med specialets forsøg er at undersøge, om der er en sammenhæng mellem deltagernes rytmiske hørefærdigheder og deres arbejdshukommelse. Specialet tager udgangspunkt i den eksisterende forskning på området, der undersøger sammenhængen mellem musikalske færdigheder og arbejdshukommelse. Forsøgsdesignet har således fokus på de rytmiske hørefærdigheder, mens forsøget undersøger effekten af rytmisk træning på arbejdshukommelsen målt ved en Digit Span-test. Derudover har forsøget en eksperimentel variation, som undersøger, om rytmisk stimulering med en fast puls i form af et metronom-klik, gør det lettere at strukturere tallene i arbejdshukommelsen.

Deltagernes præstationer sammenlignes således i en Digit Span-Forward test under to betingelser, idet deltagerne henholdsvis testes med og uden en regelmæssig og struktureret rytme i form af et metronom-klik. Det anvendte forsøgsdesign er selvudviklet og bidrager med en ny tilgang til at undersøge, hvordan rytmisk stimulation kan påvirke arbejdshukommelse.

### 4.1 The Musical Ear Test (MET)

Specialets forsøg tager udgangspunkt i og benytter den originale MET-test (The Musical Ear Test) fra Wallentin et al. (2010). MET-testen anvendes til at måle og undersøge forsøgspersonernes musikalske færdigheder, da den er i stand til at vurdere musikalsk kompetence hos højtuddannede musikere og hos personer uden musikalsk baggrund (Wallentin et al., 2010, s. 189).

Forsøget har fokus på deltagernes rytmiske hørefærdigheder, og derfor anvendes kun den rytmiske deltest. Formålet er at teste forsøgspersonernes rytmiske hørefærdigheder, idet de til hvert lyd-par skal vurdere og bestemme, om to korte rytmiske fraser er "ens" eller "forskellige". Som tidligere nævnt består den rytmiske deltest af 52 lyd-par af rytmiske fraser, der spilles med en træblok-lyd. De forskellige sekvenser indeholder 4 til 11 træblok-slag, som er ledsaget af en metronom med lavere lydstyrke. De 52 lyd-par har alle en varighed på én takt og afspilles i et tempo på 100 bpm i 4/4. Derudover varierer rytternes kompleksitet,

idet 21 af opgaverne indeholder trioler, mens de resterende 31 opgaver kun har lige underdelinger af taktslaget (Wallentin et al., 2010, s. 189-190).

Forsøget har samme fremgangsmåde som Wallentin et al. (2010), idet deltagerne svarer på hver opgave ved at krydse ét af to felter af på et svarark. Deltagerne får også i starten to prøveeksempler (A og B), hvor de skal krydse "ja" eller "nej" i felterne. Halvdelen af opgaverne i den rytmiske deltest (26) er således "ens", mens den anden halvdel er "forskellige". MET-testen afspilles for den enkelte deltager ved brug af en computer. Efter testen registreres antallet af korrekte svar ud fra facitlisten.

## 4.2 Digit Span Test

Efter MET-testen skal deltagerne gennemføre Digit Span-testen. Formålet med denne del af forsøget er at teste deltagernes arbejdshukommelse ved brug af en Digit Span-test, hvor man skal huske og derefter gentage en række tal, som deltageren bliver præsenteret for via en lydfil, der auditivt gengiver tallene. Ved denne Digit Span Forward-test skal man i starten huske fire tal, som skal gengives mundtligt til forsøgslederen. Hvis man gengiver alle tallene i den rigtige rækkefølge, går testen videre til fem tal og herefter forøges, indtil deltageren ikke kan huske flere tal eller svarer forkert. Testen afsluttes, hvis deltageren svarer forkert på to forsøg med samme længde. Forward-testen giver således en score, der angiver den længste række tal, som deltageren gengiver korrekt. Herefter registreres den længste korrekte talrække, hvilket er en indikator for arbejdshukommelsens kapacitet. De fire forskellige tests er udarbejdet ved brug af lydredigeringsprogrammet Audacity, hvor både de forskellige tidsintervaller og regelmæssige rytmer (bpm) er blevet genereret.

Deltagerne testes under to betingelser for at undersøge, om rytmisk stimulering med en fast puls (metronom-klik) gør det nemmere at strukturere tallene i arbejdshukommelsen.

1. Tallene i Digit Span-testen præsenteres med en regelmæssig rytme (ét tal per sekund) i form af et metronom-klik, der understøtter den audiovisuelle præsentation.
2. Tallene præsenteres med en uregelmæssig rytmisk struktur, hvor tallene ikke

understøttes af et metronom-klik. Tallene præsenteres dermed uden en fast puls med forskellige varierende tidsintervaller.

Hver deltager gennemgår begge eksperimenter i en randomiseret rækkefølge for at undersøge, om der er statistiske forskelle mellem de to forhold. Der er således en forskellig talrækkefølge ved hver test. Test 1A og 2A gør brug af forskellige strukturerede rytmer (60 bpm og 68 bpm). Test 1B og 2B har en forskellig uregelmæssig struktur med varierende tidsintervaller. Dette illustreres i den nedenstående struktur for Digit Span-Forward.

### 4.3 Digit Span-Forward Struktur

**Test 1A:** 60 bpm (ét tal pr. sekund)

4 - 2 - 8 - 1 - 7 - 5 - 3 - 9 - 6

**Test 2A:** 68 bpm

5 - 1 - 7 - 3 - 9 - 4 - 2 - 8 - 6

**Test 1B:**

6 - 3 - 9 - 7 - 2 - 8 - 5 - 1 - 4

**6** (1,0 sek) **3** (0,8 sek) **9** (0,9 sek) **7** (1,0 sek) **2** (1,0 sek) **8** (0,9 sek) **5** (1,0 sek) **1** (0,8 sek) **4**

Der er stilhed i 1,0 sek. mellem tallene 6 og 3, herefter 0,8 sek. mellem tallene 3 og 9 osv.

**Test 2B:**

7 - 1 - 5 - 3 - 8 - 4 - 6 - 9 - 2

**7** (1,0 sek) **1** (0,9 sek) **5** (0,8 sek) **3** (1,0 sek) **8** (0,9 sek) **4** (0,8 sek) **6** (1,0 sek) **9** (0,9 sek) **2**

Der er stilhed i 1,0 sek. mellem tallene 7 og 1, herefter 0,9 sek. mellem tallene 1 og 5 osv.

De forskellige tests præsenteres for deltagerne i en tilfældig rækkefølge, som er randomiseret ved brug af Excel for at undgå eventuelle påvirkninger og rækkefølgeeffekter. Dette er med til at sikre, at resultaterne er så pålidelige som muligt i forhold til de statistiske forskelle mellem de fire variationer (Test 1A, Test 2A, Test 1B, Test 2B).

| Deltager | Test 1 | Test 2 | Test 3 | Test 4 |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| 1        | 1B     | 2A     | 2B     | 1A     |
| 2        | 1A     | 2B     | 1B     | 2A     |
| 3        | 2B     | 1A     | 2A     | 1B     |
| 4        | 2B     | 1B     | 2A     | 1A     |
| 5        | 1B     | 1A     | 2B     | 2A     |
| 6        | 2A     | 2B     | 1A     | 1B     |
| 7        | 1B     | 2B     | 2A     | 1A     |
| 8        | 2A     | 2B     | 1B     | 1A     |
| 9        | 1B     | 2A     | 1A     | 2B     |
| 10       | 1B     | 2B     | 1A     | 2A     |
| 11       | 1A     | 2A     | 2B     | 1B     |
| 12       | 1B     | 1A     | 2A     | 2B     |
| 13       | 2B     | 2A     | 1B     | 1A     |
| 14       | 2A     | 1A     | 1B     | 2B     |

#### 4.4 Spørgeskema om musikalske aktiviteter

Efter Digit Span-testen udfylder deltagerne et online spørgeskema med oplysninger om deres alder, køn og uddannelse. Deltagere, som spiller musik, skal angive deres hovedinstrument, hvor mange timer om ugen de aktuelt øver på deres hovedinstrument, samt hvor mange år de har spillet på instrumentet. Spørgeskemaet er udarbejdet ved brug af programmet SurveyXact.

I det følgende afsnit præsenteres forsøgets dataindsamling og metode, hvorefter der gives en analyse af forsøgets resultater.

## 5. Analyse

### 5.1 Dataindsamling

Deltagerne til forsøget blev rekrutteret gennem opslag på sociale medier, med henblik på at tiltrække unge voksne med musikalsk erfaring fra forskellige musikuddannelser samt deltagere uden musikalsk erfaring, for at opnå en bred og repræsentativ deltagergruppe.

### 5.2 Metode

Dataanalysen er udført ved hjælp af Excels funktioner og statistikprogrammet SPSS. Der er her beregnet middelværdier, standardafvigelser, p-værdier og korrelationer for at undersøge demografiske forskelle og mulige sammenhænge mellem musikalsk erfaring, rytmiske færdigheder og arbejdshukommelse. Statistikprogrammet er anvendt til at teste, om der er statistisk signifikante forskelle mellem musikere og ikke-musikere. Derudover er det anvendt til at vurdere, om der er en sammenhæng mellem musikalsk erfaring, øvetid og resultater i MET-testen.

Fjorten unge voksne deltog i forsøget, heraf 3 kvinder og 11 mænd. Gennemsnitsalderen var 23,35 år ( $SD = 2,92$ ; interval: 18–27 år). Deltagerne blev inddelt i to grupper: musikere ( $n=9$ ) og ikke-musikere ( $n=5$ ). En oversigt over gruppens demografiske oplysninger og øvetid kan ses i nedenstående tabel 1. Musikere blev defineret som personer, der aktuelt spillede et instrument samt havde minimum 2 års erfaring. Ikke-musikere blev defineret som personer uden nuværende eller tidligere erfaring med at spille et instrument. Deltagerne havde forskellige uddannelsesmæssige baggrunde, hvor flere går på en musikfaglig uddannelse, herunder musikvidenskab på Aalborg Universitet og DJM i Aalborg. Andre havde baggrunde inden for bl.a. historie, politik og administration, læreruddannelsen samt gymnasiale uddannelser som HF, STX og HHX.

**Tabel 1. Demografiske oplysninger og øvetid**

|                              | <i>Ikke-musikere (n = 5)</i> |                       | <i>Musikere (n = 9)</i> |                       | <i>p</i> |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|----------|
|                              | <i>M (SD)</i>                | <i>Mdn (interval)</i> | <i>M (SD)</i>           | <i>Mdn (interval)</i> |          |
| Alder (år)                   | 23,4 (3,2)                   | 25 (18–26)            | 23,3 (3,0)              | 24 (19–27)            | =.23     |
| Øvetid pr. uge (timer)       | 0,0 (0,0)                    | 0 (0–0)               | 5,0 (5,9)               | 4 (1–20)              | < .01    |
| Erfaring med instrument (år) | 0,0 (0,0)                    | 0 (0–0)               | 11,0 (3,8)              | 12 (4–17)             | < .01    |

Nedenstående tabel 2 viser fordelingen af deltagernes hovedinstrumenter i undersøgelsen. Flest deltagere har el-guitar som hovedinstrument (n=3) og sang (n=2), mens trommer, akustisk guitar, klaver og bas hver er angivet af én deltager. Fem deltagere angav, at de ikke spillede et instrument og blev dermed kategoriseret som ikke-musikere.

**Tabel 2. Hovedinstrument**

| <b>Instrument</b> | <b>Antal</b> |
|-------------------|--------------|
| El-guitar         | 3            |
| Sang              | 2            |
| Trommer           | 1            |
| Akustisk guitar   | 1            |
| Klaver            | 1            |
| Bas               | 1            |
| Ingen             | 5            |

## 5.3 Resultater

Nedenstående tabel 3 viser de fjorten deltageres rækkefølger og resultater i de fire forskellige Digit Span-tests, hvor hver testscore er angivet i parentes.

**Tabel 3.** *Digit Span rækkefølge og resultater*

| Deltager | Test 1 | Test 2 | Test 3 | Test 4 |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| 1        | 1B (7) | 2A (8) | 2B (6) | 1A (6) |
| 2        | 1A (9) | 2B (9) | 1B (9) | 2A (9) |
| 3        | 2B (6) | 1A (8) | 2A (7) | 1B (6) |
| 4        | 2B (8) | 1B (6) | 2A (9) | 1A (9) |
| 5        | 1B (8) | 1A (7) | 2B (9) | 2A (9) |
| 6        | 2A (9) | 2B (9) | 1A (9) | 1B (8) |
| 7        | 1B (8) | 2B (8) | 2A (7) | 1A (8) |
| 8        | 2A (7) | 2B (9) | 1B (7) | 1A (8) |
| 9        | 1B (8) | 2A (8) | 1A (7) | 2B (8) |
| 10       | 1B (7) | 2B (8) | 1A (7) | 2A (8) |
| 11       | 1A (8) | 2A (7) | 2B (7) | 1B (9) |
| 12       | 1B (8) | 1A (7) | 2A (7) | 2B (7) |
| 13       | 2B (8) | 2A (9) | 1B (7) | 1A (8) |
| 14       | 2A (9) | 1A (8) | 1B (8) | 2B (7) |

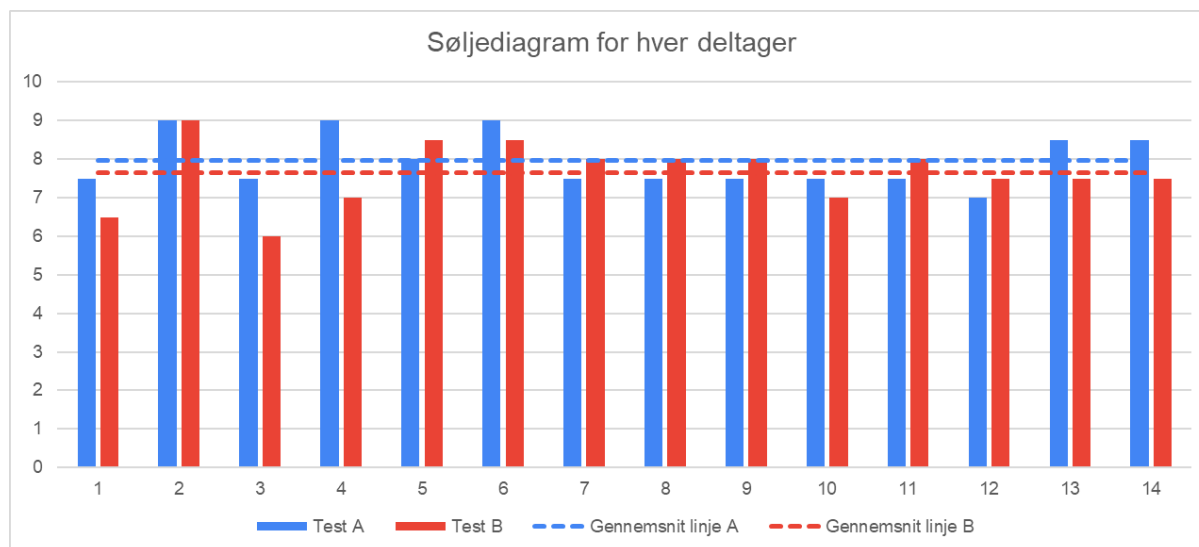
Tabel 4 viser deltagernes individuelle resultater i MET-testen. Deltager 1 og deltager 7 opnåede den højeste score i MET-testen med hver 45 rigtige ud af maksimalt 52.

**Tabel 4.** *MET resultat*

| Testpersoner | MET total |
|--------------|-----------|
| Deltager 1   | 45        |
| Deltager 2   | 40        |
| Deltager 3   | 38        |
| Deltager 4   | 32        |
| Deltager 5   | 42        |
| Deltager 6   | 35        |
| Deltager 7   | 45        |
| Deltager 8   | 42        |
| Deltager 9   | 37        |
| Deltager 10  | 31        |
| Deltager 11  | 36        |
| Deltager 12  | 36        |
| Deltager 13  | 37        |
| Deltager 14  | 44        |

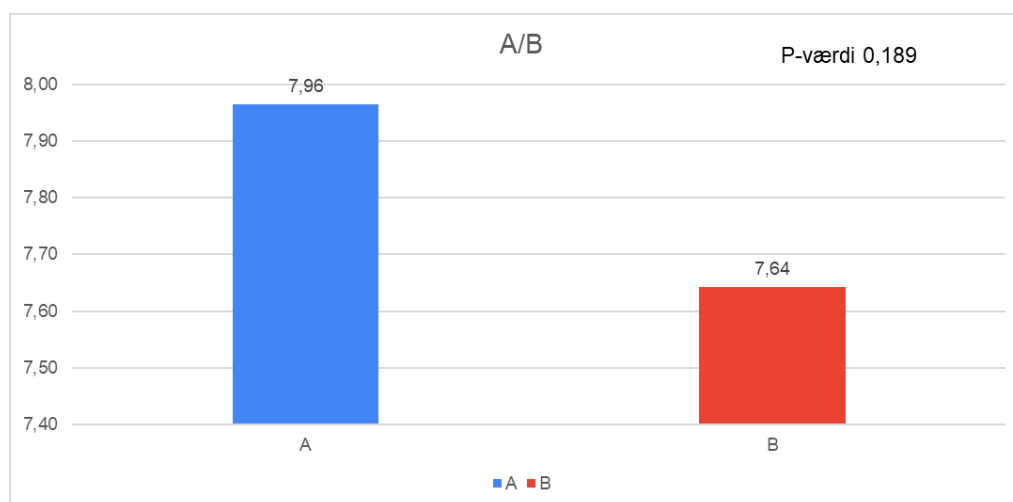
### 5.3.1 Digit Span Resultater

**Figur 1.** Søjlediagram over hver deltagers resultater i Digit Span Test A og Test B



Figur 1 viser resultaterne for hver deltager i Digit Span Test A (regelmæssig og struktureret rytme) og Test B, hvor de stiplede linjer angiver gennemsnittet for hver test. Gennemsnittet for alle deltagere i Test A (blå stiplet linje) er 7,96 tal og ligger en smule højere end gennemsnittet for Test B (rød stiplet linje), som er på 7,64. Dette indikerer en generel tendens til, at deltagerne præsterer bedre i Test A. Deltager 2 opnår den maksimale score på 9 cifre i både Test A og Test B, hvilket gør personen til den eneste deltager med toppræstation i begge tests. Deltager 2 er dermed over gennemsnittet, hvilket indikerer en god arbejdshukommelse.

**Figur 2.** Gennemsnit for Digit Span Test A og B



I en analyse af gennemsnittet for Test A og B, som vist i ovenstående figur 2, kan man undersøge, om der er en tendens til, at deltagerne klarer sig bedre i test A. Som det fremgår af nedenstående tabel 5 og tabel 6, er gennemsnit og variation i Digit Span Test A og B beregnet ved brug af statistikprogrammet SPSS.

**Tabel 5.** Gennemsnit og variation i Digit Span A og B (parret stikprøve)

| Paired Samples Statistics |     |        |    |                |                 |
|---------------------------|-----|--------|----|----------------|-----------------|
|                           |     | Mean   | N  | Std. Deviation | Std. Error Mean |
| Pair 1                    | DsA | 7,9643 | 14 | ,69238         | ,18505          |
|                           | DsB | 7,6429 | 14 | ,81874         | ,21882          |

**Tabel 6.** Resultat af parret t-test mellem Digit Span A og B

| Paired Samples Test |           |                         |                          |
|---------------------|-----------|-------------------------|--------------------------|
|                     |           | Paired Differences Mean | Significance Two-Sided p |
| Pair 1              | DsA - DsB | ,32143                  | ,189                     |

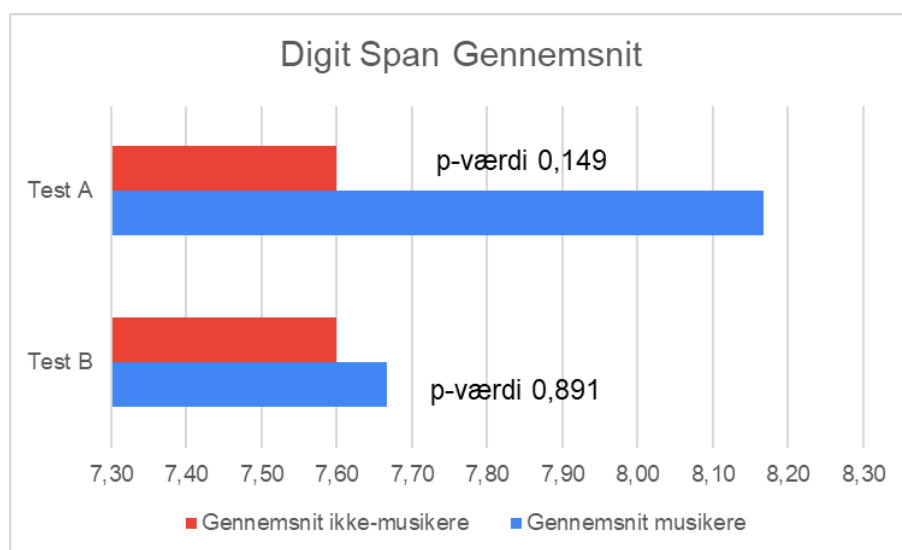
Resultaterne viser, at deltagerne generelt klarer sig bedre i Test A (regelmæssig og struktureret rytme) sammenlignet med Test B, uafhængigt af om deltagerne er musikere eller ikke-musikere. Gennemsnitsscoren i Test A er 7,96 tal, mens den i Test B er 7,64, hvilket svarer til en gennemsnitlig forbedring på 0,32 point svarende til ca. 3 %. Deltagerne opnår dermed en gennemsnitlig korrekthed på 88 % i Test A og 85 % i Test B, hvor 100 % svarer til at have alle rigtige. Selvom der er en tendens til bedre præstationer i Test A, viser den parrede t-test (se tabel 6), at forskellen ikke er statistisk signifikant ( $p = 0,189$ ). Man kan derfor ikke med sikkerhed konkludere, at Test A gav bedre resultater end Test B statistisk set, da den gennemsnitlige forbedring på 0,32 point potentielt kan være opstået ved en tilfældighed.

Endvidere blev der foretaget en gruppeopdelt analyse i SPSS af Digit Span-test A og B for henholdsvis musikere og ikke-musikere, som vist i nedenstående tabel 7.

**Tabel 7.** Gruppeopdelt statistik for Digit Span A og B (musikere vs. ikke-musikere)

| Group Statistics |              |   |        |                |                 |
|------------------|--------------|---|--------|----------------|-----------------|
|                  | Gruppe       | N | Mean   | Std. Deviation | Std. Error Mean |
| DsA              | Musiker      | 9 | 8,1667 | ,70711         | ,23570          |
|                  | Ikke-musiker | 5 | 7,6000 | ,54772         | ,24495          |
| DsB              | Musiker      | 9 | 7,6667 | 1,00000        | ,33333          |
|                  | Ikke-musiker | 5 | 7,6000 | ,41833         | ,18708          |

**Figur 3.** Gennemsnit for Digit Span Test A og B (musikere vs. ikke-musikere)

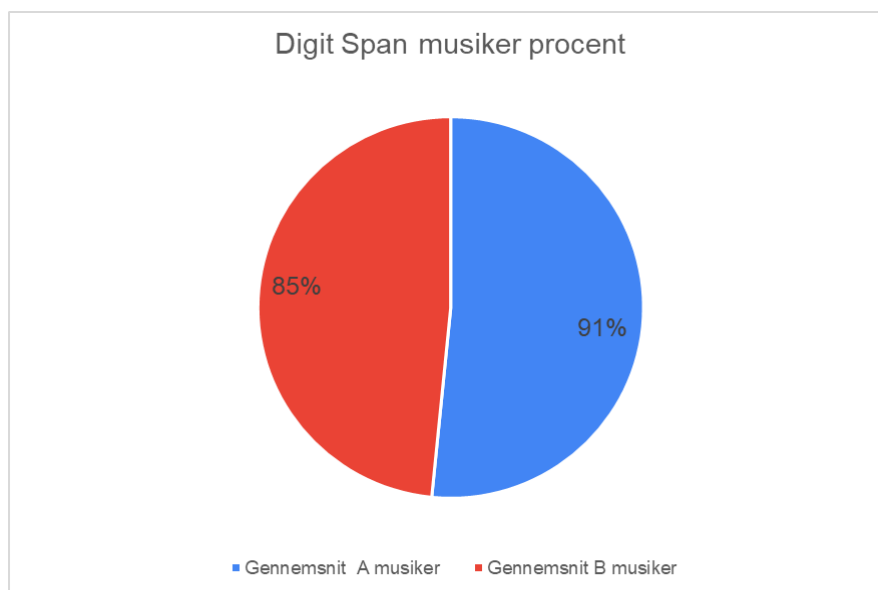


Den ovenstående figur 3 viser gennemsnittet for Digit Span-Test A og B for henholdsvis musikere (blå søjle) og ikke-musikere (rød søjle). Musikere husker i gennemsnit 8,17 tal i Test A (regelmæssig og struktureret rytme), mens ikke-musikere i gennemsnit husker 7,60 i Test A. Dertil scorer musikere i gennemsnit 7,67 i Test B, mens ikke-musikere i gennemsnit scorer 7,60 i Test B. Dette indikerer en tendens til, at musikerne klarer sig bedre i Test A end i Test B. Derudover ses en generel tendens til, at musikere klarer sig bedre end ikke-musikere i begge Digit Span-tests, idet musikere i gennemsnit scorer 8,17 i Test A og 7,67 i Test B, mens ikke-musikere scorer 7,60 i begge test. For Digit Span Test A betyder det, at musikere husker 8,17 tal svarende til en korrekt svarprocent på 91 %, mens ikke-musikere husker 7,60 svarende til en korrekt svarprocent på 84 %. Dette kan indikere, at musikerne har en bedre arbejdshukommelse end ikke-musikerne, idet de klarer sig 7 procentpoint bedre i Test A.

I denne forbindelse blev der udført uafhængige t-tests i SPSS for at undersøge, om der er en statistisk signifikant forskel mellem musikere og ikke-musikere i Test A og Test B. For Test A er

p-værdien 0,149, hvilket betyder, at der i denne test ikke er en betydelig forskel mellem musikere og ikke-musikere. Man kan derfor ikke konkludere, at musikere klarer sig bedre end ikke-musikere i Test A. I Test B er p-værdien 0,891, hvilket er væsentligt højere end den tidligere p-værdi for Test A. Dette indikerer, at der næsten ingen forskel er mellem resultaterne for musikere og ikke-musikere. Overordnet set viser analysen, at der ikke er nogen statistisk signifikant forskel mellem musikere og ikke-musikere i Digit Span Test A og B.

**Figur 4.** Digit Span gennemsnit for musikere i procent



**Tabel 8.** Gennemsnit og variation i Digit Span A og B (musikere)

| Paired Samples Test |                 |                    |                |              |
|---------------------|-----------------|--------------------|----------------|--------------|
|                     |                 | Paired Differences |                | Significance |
|                     |                 | Mean               | Std. Deviation | Two-Sided p  |
| Pair 1              | DSAmus - DSBmus | ,50000             | ,93541         | ,147         |

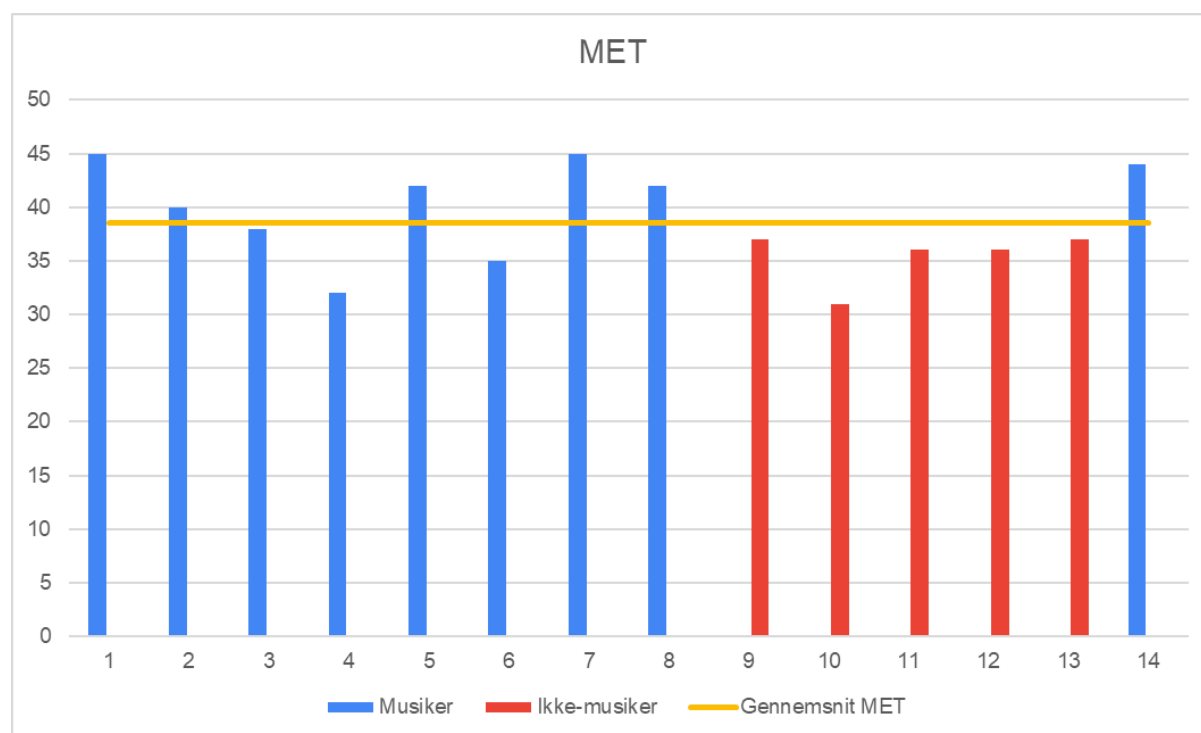
**Tabel 9.** Korrelation mellem musikernes resultater i Digit Span A og B

| Paired Samples Correlations |                 |   |             |                            |
|-----------------------------|-----------------|---|-------------|----------------------------|
|                             |                 | N | Correlation | Significance               |
|                             |                 |   |             | One-Sided p    Two-Sided p |
| Pair 1                      | DSAmus & DSBmus | 9 | ,442        | ,117    ,234               |

Som vist i ovenstående figur 4 klarer musikere sig lidt bedre i Digit Span A (91 %) end i Digit Span B (85 %), hvilket svarer til en forbedring på 6 procentpoint. Dog viser den statistiske analyse, at forskellen ikke er signifikant, idet p-værdien er 0,147 (se tabel 8). Dette betyder, at man ikke med sikkerhed kan sige, at musikerne klarede sig bedre i Test A sammenlignet med Test B. Derudover viser analysen, at korrelationen mellem præstationerne i de to tests er moderat positiv ( $r = 0,442$ ). Dette indikerer, at de deltagere, der klarede sig godt i Test A, også generelt klarede sig godt i Test B. Dog er p-værdien for korrelationen 0,234 (se tabel 9), hvilket betyder, at sammenhængen mellem musikernes resultater i de to tests ikke er statistisk signifikante og derfor kan være opstået ved en tilfældighed.

### 5.3.2 MET Resultater

**Figur 5.** MET resultater og gennemsnit for alle deltagere



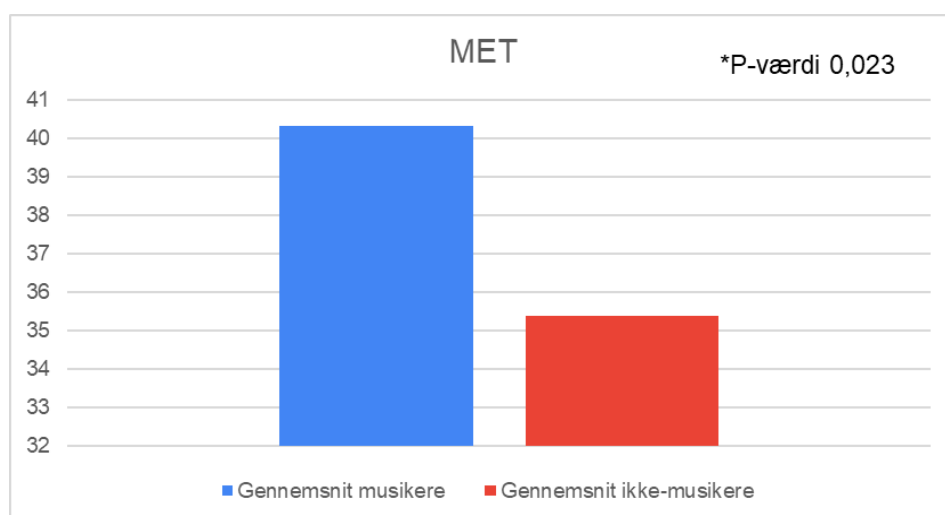
Det ovenstående søjlediagram (figur 5) viser MET-resultaterne for musikere (blå) og ikke-musikere (rød). Det fremgår her, at de fleste musikere scorer over gennemsnittet i testen, illustreret med den gule linje. Derimod er der ingen af ikke-musikerne, der når over gennemsnittet, som er på 38,57 point. Resultaterne viser dermed en tydelig tendens til, at musikere generelt klarer sig bedre i MET-testen sammenlignet med ikke-musikere.

**Tabel 10.** Gruppeopdelt statistik MET (musikere vs. ikke-musikere)

| Group Statistics |              |   |         |                |                 |
|------------------|--------------|---|---------|----------------|-----------------|
|                  | Gruppe       | N | Mean    | Std. Deviation | Std. Error Mean |
| MET              | Musiker      | 9 | 40,3333 | 4,55522        | 1,51841         |
|                  | Ikke-musiker | 5 | 35,4000 | 2,50998        | 1,12250         |

Den ovenstående tabel viser de gennemsnitlige MET-scorer for musikere og ikke-musikere. Musikere har et højere gennemsnit (40,33) sammenlignet med ikke-musikere (35,40), hvilket indikerer, at musikerne samlet set præsterer bedre i MET-testen.

**Figur 6.** MET gennemsnit (musikere vs. ikke-musikere)



**Tabel 11.** T-test af MET-score (musikere vs. ikke-musikere)

| Independent Samples Test |                                |                                    |
|--------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
|                          |                                | t-test for<br>Equality of<br>Means |
|                          |                                | Significance<br>Two-Sided p        |
| MET                      | Equal variances assumed        | ,047                               |
|                          | Equal variances not<br>assumed | ,023                               |

Forskellen mellem musikere og ikke-musikere i MET-testen er statistisk signifikant, idet p-værdien er 0,023. Dette indikerer, at musikerne klarer sig betydeligt bedre end

ikke-musikere, og at forskellen med stor sandsynlighed ikke skyldes tilfældigheder. Musikerne har i gennemsnit en højere score på 4,93 point (40,33 mod 35,40). Musikerne opnår således i gennemsnit 40,33 korrekte svar ud af 52 opgaver, hvilket giver en korrekt svarprocent på 77,56 %. Ikke-musikere havde i gennemsnit 35,40 korrekte svar ud af 52 opgaver, hvilket giver en svarprocent på 68,08 %. Denne forskel mellem de to grupper indikerer således, at musikalsk træning og erfaring har en positiv effekt på præstationen i MET-testen.

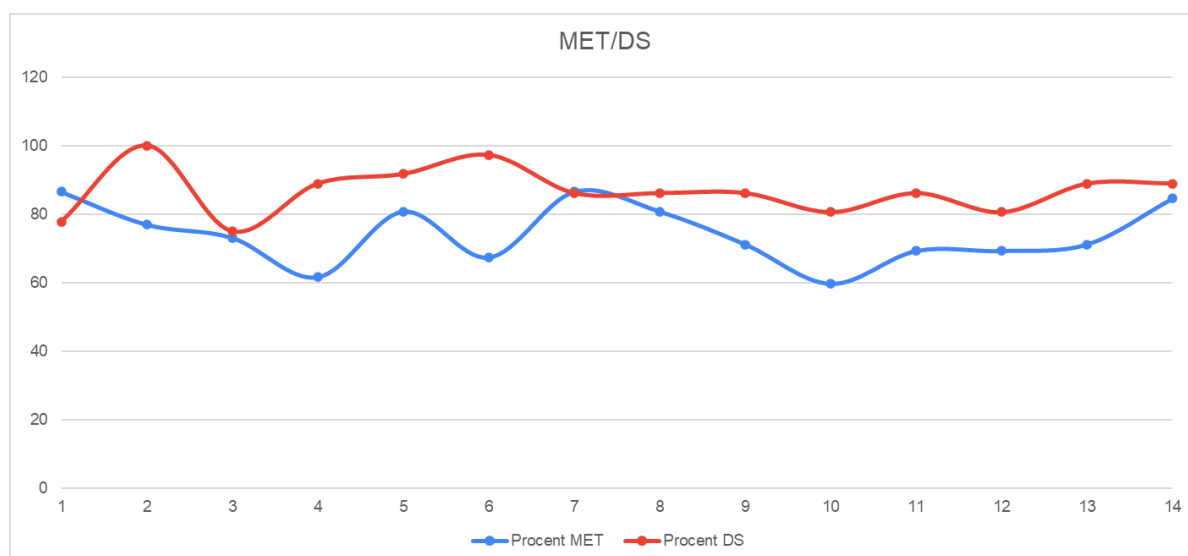
### 5.3.3 Korrelationsanalyse: Digit Span og MET

**Tabel 12.** *Korrelation mellem Digit Span og MET-score*

| Correlations |                     |      |      |
|--------------|---------------------|------|------|
|              |                     | Ds   | MET  |
| Ds           | Pearson Correlation | 1    | ,002 |
|              | Sig. (2-tailed)     |      | ,995 |
|              | N                   | 14   | 14   |
| MET          | Pearson Correlation | ,002 | 1    |
|              | Sig. (2-tailed)     | ,995 |      |
|              | N                   | 14   | 14   |

Der blev udført en Pearson-korrelation ved brug af SPSS for at undersøge, om der er en sammenhæng mellem deltagernes samlede præstation i MET-testen og Digit Span-testen. Korrelationen er tæt på nul ( $r = 0,002$ ) og p-værdien er 0,995, hvilket indikerer, at der ikke er nogen sammenhæng mellem de to tests i datasættet, og at resultatet ikke er statistisk signifikant. Dette indikerer, at deltagere, der klarede sig godt i den ene test, ikke nødvendigvis klarede sig godt i den anden test.

**Figur 7.** Deltagernes præstation i MET og Digit Span angivet i procent



Den ovenstående figur 7 viser deltagernes resultater i MET- og Digit Span-testene omregnet til procent, hvilket gør, at man kan sammenligne præstationerne på tværs af de to tests. Gennemsnittet for MET-testen er 74,18 % (blå kurve), mens gennemsnittet for Digit Span-testen er 86,71 % (rød kurve). Grafen illustrerer, at der ikke er nogen tydelig tendens til en sammenhæng mellem præstationerne i de to tests, da kurverne ikke følger hinanden.

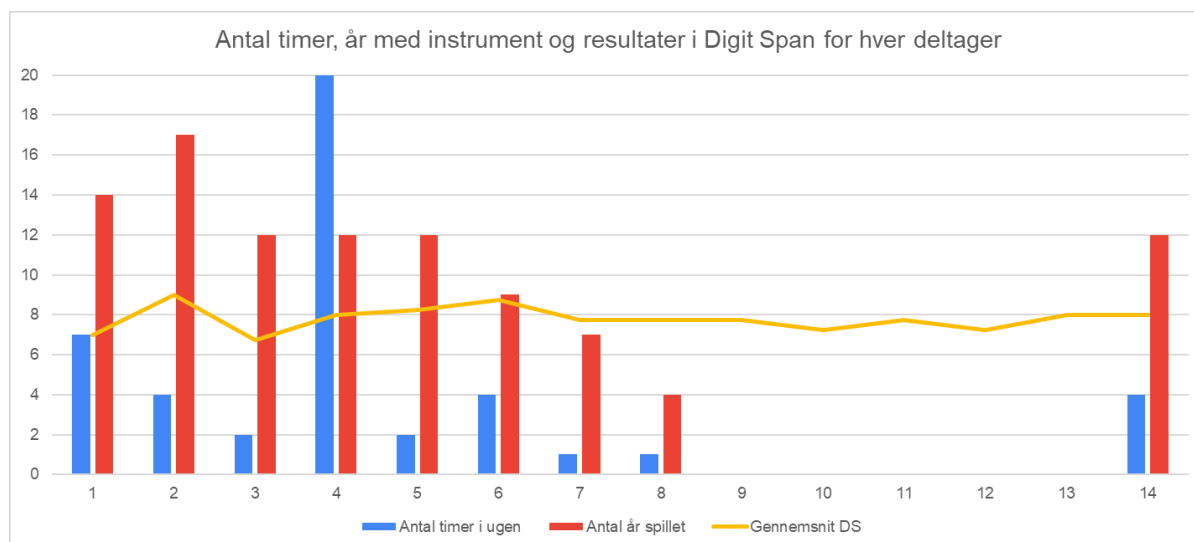
**Tabel 13.** Korrelation mellem øvetimer pr. uge og præstation i Digit Span og MET

| Correlations |                     |       |      |       |
|--------------|---------------------|-------|------|-------|
|              |                     | Timer | Ds   | MET   |
| Timer        | Pearson Correlation | 1     | ,149 | -,185 |
|              | Sig. (2-tailed)     |       | ,612 | ,527  |
|              | N                   | 14    | 14   | 14    |
| Ds           | Pearson Correlation | ,149  | 1    | ,002  |
|              | Sig. (2-tailed)     | ,612  |      | ,995  |
|              | N                   | 14    | 14   | 14    |
| MET          | Pearson Correlation | -,185 | ,002 | 1     |
|              | Sig. (2-tailed)     | ,527  | ,995 |       |
|              | N                   | 14    | 14   | 14    |

Tabellen analyserer sammenhængen mellem deltagernes ugentlige øvetid og deres præstationer i Digit Span og MET-testen. Korrelationen mellem antal timer og Digit Span er svag positiv ( $r=0,149$ ), men ikke signifikant ( $p=0,612$ ). Derudover er sammenhængen mellem

antal timer og MET-testen svag negativ ( $r=-0,185$ ), mens den ikke er signifikant ( $p=0,527$ ). Resultaterne indikerer således, at der ikke er nogen statistisk signifikant sammenhæng mellem deltagernes ugentlige øvetid og deres præstationer i Digit Span- eller MET-testen.

**Figur 8.** Sammenhæng mellem øvetimer, antal år med instrument og resultater i Digit Span



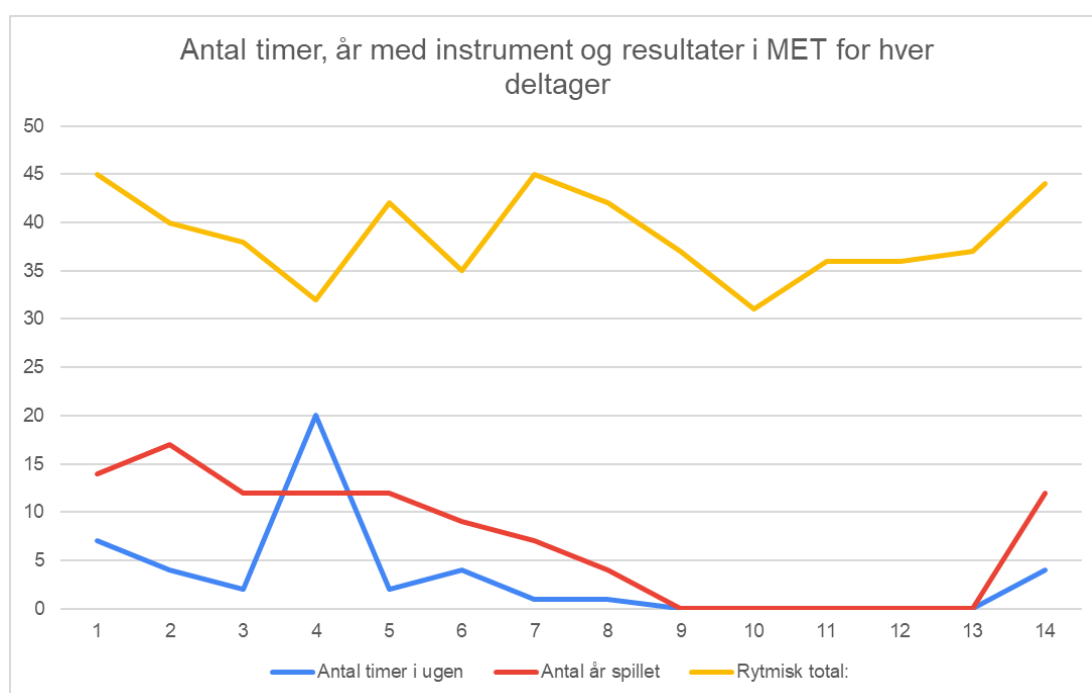
Den ovenstående figur 8 viser hver enkelt deltagers ugentlige øvetimer (blå søjler), antal år de har spillet deres hovedinstrument (røde søjler) samt deres gennemsnitlige resultat i Digit Span-testen (gul linje). Der ses ingen tydelig sammenhæng mellem øvetid, antal år spillet og Digit Span-resultaterne. Det mest tydelige eksempel er, at deltager 4, som har den højeste øvetid (20 timer pr. uge), ikke scorer markant højere i Digit Span-testen sammenlignet med deltagere med langt færre ugentlige øvetimer.

**Tabel 14.** Korrelation mellem antal år med instrument og præstation i Digit Span og MET

| Correlations |                     |      |      |      |
|--------------|---------------------|------|------|------|
|              |                     | År   | Ds   | MET  |
| År           | Pearson Correlation | 1    | ,286 | ,437 |
|              | Sig. (2-tailed)     |      | ,321 | ,118 |
|              | N                   | 14   | 14   | 14   |
| Ds           | Pearson Correlation | ,286 | 1    | ,002 |
|              | Sig. (2-tailed)     | ,321 |      | ,995 |
|              | N                   | 14   | 14   | 14   |
| MET          | Pearson Correlation | ,437 | ,002 | 1    |
|              | Sig. (2-tailed)     | ,118 | ,995 |      |
|              | N                   | 14   | 14   | 14   |

Den ovenstående tabel 14 viser korrelationer mellem deltagernes antal år med hovedinstrument og deres præstationer i Digit Span- og MET-testen. Korrelationen mellem antal år og Digit Span er svag positiv ( $r=0,286$ ) med en p-værdi på 0,321 og er derfor ikke signifikant. Derudover er korrelationen mellem antal år og MET-score moderat positiv ( $r=0,437$ ), men heller ikke signifikant, da p-værdien er 0,118. Dermed indikerer resultaterne, at der ikke er en tydelig sammenhæng mellem antal års musikalsk træning og præstationerne i de to tests.

**Figur 9.** *Sammenhæng mellem øvetimer, antal år med instrument og præstation i MET*



Figur 9 illustrerer deltagernes ugentlige øvetimer (blå linje), antal år med hovedinstrument (rød linje) samt deres resultat i MET-testen (gul linje). Gennemgående ses der variation i MET-scoren, men der er ikke en tydelig sammenhæng mellem øvetid og antal år spillet. Det fremgår, at deltager 4 har en høj øvetid (20 timer), men scorer moderat i MET-testen, mens deltager 7 har en lavere øvetid (1 time), men opnår en af de højeste MET-scorer. Derudover opnår deltagere med få eller ingen års erfaring, som deltager 12 og 13, resultater i MET-testen, der kan sammenlignes med deltagere med flere års musikalsk træning.

I det følgende afsnit diskuteres forsøgets resultater og begrænsninger i relation til de tidligere nævnte studier.

## 6. Diskussion

### 6.1 Diskussion af resultater

Denne pilotundersøgelse undersøger, om der er en sammenhæng mellem rytmiske hørefærdigheder og arbejdshukommelse hos unge voksne (18–27 år). Specialets hypotese er, at unge voksne, som er gode til at skelne mellem rytmiske mønstre, har en bedre arbejdshukommelse målt ved en Digit Span-test. Forsøgets resultater kan diskuteres ved at sammenligne deltagernes resultater med de tidligere nævnte studier.

I pilotundersøgelsen deltog fjorten unge voksne, heraf 3 kvinder og 11 mænd. Gennemsnitsalderen var 23,35 år med et interval på 18–27 år, hvor deltagerne bestod af 9 musikere og 5 ikke-musikere. Som tidligere nævnt i analysen indikerer resultaterne en tendens til, at deltagerne generelt klarer sig bedre i Digit Span-Forward Test A (regelmæssig og struktureret rytme) sammenlignet med Test B, uafhængigt af om de er musikere eller ikke-musikere. Gennemsnitsscoren i Test A er 7,96 tal, mens den i Test B er 7,64 tal, hvilket svarer til en gennemsnitlig forbedring på 0,32 point, svarende til ca. 3 %. Deltagerne opnår en gennemsnitlig korrekthed på 88 % i Test A og 85 % i Test B. Selvom der er en tendens til bedre præstationer i Test A, viser den parrede t-test, at forskellen ikke er statistisk signifikant ( $p = 0,189$ ) og dermed kan være opstået ved en tilfældighed.

Resultaterne viser, at der er forskel mellem de to grupper, idet musikere i gennemsnit husker 8,17 tal i Test A, svarende til en korrekt svarprocent på 91 %, mens ikke-musikere husker 7,60 tal, svarende til 84 %. I Test B husker musikere i gennemsnit 7,67 tal (85 %), mens ikke-musikere, ligesom i Test A, husker 7,60 tal (84 %). Dette indikerer, at musikere har en bedre arbejdshukommelse end ikke-musikere, idet de klarer sig 7 procentpoint bedre i Test A. Dog viser t-testen for Test A, at forskellen mellem grupperne ikke er statistisk signifikant ( $p=0,149$ ). I Test B er p-værdien 0,891, hvilket indikerer, at der ikke er nogen statistisk signifikant forskel mellem resultaterne for musikere og ikke-musikere.

Derudover klarer gruppen af musikere sig 6 procentpoint bedre i Test A (91 %) sammenlignet med Test B (85 %), hvilket kan indikere, at de rytmiske stimuleringer med en fast puls i form

af et metronom-klik gør det lettere at strukturere information i arbejdshukommelsen. Dog viser den statistiske analyse, at forskellen ikke er signifikant ( $p=0,147$ ), og dermed kan være opstået ved en tilfældighed. Dertil er korrelationen mellem musikernes præstationer i de to tests moderat positiv ( $r=0,442$ ), hvilket indikerer, at de deltagere, der klarede sig godt i Test A, også generelt klarede sig godt i Test B. Den statistiske analyse viser dog, at sammenhængen ikke er statistisk signifikant ( $p=0,234$ ).

Disse resultater kan sammenlignes med de tidligere nævnte studier. Deltagerne i pilotundersøgelsen opnår dog generelt en højere score i Digit Span-testen (8,17 og 7,60), mens resultaterne ikke er statistisk signifikante i modsætning til de tidligere studier. Wallentin et al. (2010) viser, at der er forskel mellem grupperne i Digit Span Forward-testen, idet ikke-musikere i gennemsnit scorer (5,67), amatørmusikere (6,24), og professionelle musikere (6,39). Den statistiske analyse viser, at ikke-musikere har en statistisk signifikant lavere digit span-score end professionelle musikere ( $p=0,04$ ). På samme måde viser Hansen et al. (2013), at der er forskel mellem grupperne i Digit Span Forward-testen, idet ikke-musikere i gennemsnit scorer (5,75), amatørmusikere (6,30), og professionelle musikere (6,75). Den statistiske analyse viser ligeledes, at ikke-musikere har en statistisk signifikant lavere Digit Span-score end professionelle musikere ( $p=0,01$ ). Derudover viser resultaterne fra Vuust et al. (2017), at børn og unge som spiller musik i gennemsnit kan huske 5,39 tal, mens børn og unge som ikke spiller musik i gennemsnit kan huske 5,22 tal.

Sammenlignet med disse studier opnår deltagerne i pilotundersøgelsen en højere score i Digit Span-testen (8,17 og 7,60). Dette kan skyldes, at der er benyttet en selvudviklet Digit Span-test med en anden struktur. Forskellene i resultaterne kan også skyldes variationer i fremgangsmåden i de forskellige Digit Span-tests, hvilket kan have påvirket sværhedsgraden. Derudover er pilotundersøgelsen ikke opdelt i tre forskellige grupper, som set i de tidligere studier, men kun i musikere og ikke-musikere. Den højere score skyldes sandsynligvis også, at pilotundersøgelsen har et lavere deltagerantal ( $n=14$ ) sammenlignet med de andre studier ( $n=60$  og  $n=20.083$ ). På trods af disse forskelle ses der dog en tendens til, at musikere har en bedre arbejdshukommelse end ikke-musikere, hvilket underbygges af de tidligere studier, som har fundet statistisk signifikante resultater.

Derudover er forskellen mellem musikere og ikke-musikere i MET-testen i specialets forsøg

statistisk signifikant, idet p-værdien er 0,023. Musikere opnåede i gennemsnit en korrekt svarprocent på 77,56 %, mens ikke-musikere havde en korrekt svarprocent på 68,08 %. Denne forskel mellem de to grupper indikerer, at musikalsk træning og erfaring har en positiv effekt på præstationen i MET-testen. Disse resultater er sammenlignelige med Swaminathan et al. (2021), idet deltagere med 10 eller flere års musikalsk træning opnåede en gennemsnitlig korrekt svarprocent på 75,71 % i MET-testen, mens ikke-musikere opnåede en korrekt svarprocent på 67,02 %. Wallentin et al. (2010) viser ligeledes, at der er forskel mellem grupperne, idet ikke-musikere opnåede en gennemsnitlig samlet score på 67,8 %, amatørmusikere 78,0 %, og professionelle musikere 85,7 %. Resultaterne for musikere og ikke-musikere i pilotundersøgelsen ligger dermed meget tæt på procentsatserne i Swaminathan et al. (2021), som omfattede 523 deltagere. Disse resultater er således med til at underbygge og validere pilotundersøgelsens MET-test.

Som illustreret i analysen har forsøget ikke fundet en sammenhæng mellem deltagernes samlede præstationer i MET-testen og Digit Span-testen. Korrelationen er tæt på nul ( $r=0,002$ ) og p-værdien er 0,995, hvilket viser, at der ikke er nogen statistisk signifikant sammenhæng mellem de to tests. Dette indikerer, at deltagere, der klarede sig godt i den ene test, ikke nødvendigvis klarede sig godt i den anden test. Modsat viser Swaminathan et al. (2021), at resultaterne for begge deltests (MET) har en korrelation med præstationen i Digit Span Forward-testen, mens den statistiske analyse viser, at præstationen i begge deltests stiger i takt med antallet af år med musikundervisning. Ligeledes konkluderer Hansen et al. (2013), at der er en korrelation mellem Digit Span Forward-resultaterne og den samlede MET-score samt for den rytmiske deltest. Derudover viser Vuust et al. (2017), at elevernes musikalske færdigheder udvikles med alderen og forbedres gennem udøvende musikaktiviteter, mens der på alle klassetrin blev fundet en sammenhæng mellem elevernes arbejdshukommelse og deres musikalske hørefærdigheder.

I modsætning til de tidligere studier viser resultaterne, at der i denne pilotundersøgelse ikke er nogen statistisk signifikant sammenhæng mellem deltagernes præstationer i MET-testen og Digit Span-testen. Den manglende korrelation kan skyldes, at pilotundersøgelsen har et lavere deltagerantal samt anvender en selvudviklet Digit Span-test. Baseret på resultaterne fra pilotundersøgelsen kan det derfor konkluderes, at der ikke er en tydelig sammenhæng

mellem rytmiske hørefærdigheder og arbejdshukommelse målt ved en Digit Span-test.

Derudover viser pilotundersøgelsen ingen korrelation mellem antal års musikalsk træning og præstationer i MET-testen og Digit Span-testen. Korrelationen mellem antal år og Digit Span er svag positiv ( $r=0,286$ ) men ikke statistisk signifikant ( $p=0,321$ ), mens korrelationen for MET-score og antal år er moderat positiv ( $r=0,437$ ) men heller ikke signifikant ( $p=0,118$ ). Resultaterne indikerer derfor, at der ikke er en tydelig eller signifikant sammenhæng mellem antal års musikalsk træning og præstationerne i de to tests. Modsat viser Swaminathan et al. (2021) at præstationerne i begge deltests steg i takt med varigheden af musikundervisningen, mens en god præstation i MET-testen kunne forudsiges af mængden af musikundervisning. Den manglende korrelation kan ligeledes skyldes, at pilotundersøgelsen har et lavere deltagerantal sammenlignet med Swaminathan et al. (2021), hvilket kan have medført en større variation i antal år med musikalsk træning og dermed påvirket resultaterne.

Endvidere har pilotundersøgelsen ikke en korrelation mellem deltagernes antal ugentlige øvetimer og præstationerne i MET-testen og Digit Span-testen. Korrelationen mellem antal timer og Digit Span er svag positiv ( $r=0,149$ ) men ikke statistisk signifikant ( $p=0,612$ ), mens korrelationen mellem antal timer og MET-testen er svag negativ ( $r=-0,185$ ) og ikke signifikant ( $p=0,527$ ). Resultaterne indikerer derfor, at der ikke er en tydelig eller signifikant sammenhæng mellem antal ugentlige øvetimer og præstationerne i de to tests. Dog viser Wallentin et al. (2010), at der er en korrelation mellem, hvor meget man øver sig blandt de professionelle musikere og resultaterne i Digit Span-testen. Modsat konkluderer Hansen et al. (2013), at der ikke blev fundet en signifikant korrelation mellem deltagernes MET-score og antal ugentlige øvetimer. Den manglende sammenhæng i pilotundersøgelsen kan muligvis skyldes det lave deltagerantal, hvilket kan have givet en større variation i antal ugentlige øvetimer og dermed påvirket resultaterne.

## 6.2 Tendenser

Resultaterne viser således, at der ikke er en statistisk signifikant korrelation mellem deltagernes præstationer i MET-testen og Digit Span-testen, antal års musikalsk træning samt ugentlige øvetimer. Selvom resultaterne ikke er statistisk signifikante, peger diskussionen, som nævnt tidligere, dog på nogle mulige tendenser.

En interessant tendens er, at der er forskel mellem de to grupper, idet musikere i gennemsnit husker 8,17 tal i Test A, svarende til en korrekt svarprocent på 91 %, mens ikke-musikere husker 7,60 tal, svarende til 84 %. I Test B husker musikere i gennemsnit 7,67 tal (85 %), mens ikke-musikere, ligesom i Test A, husker 7,60 tal (84 %). Dette indikerer, at musikere har en bedre arbejdshukommelse end ikke-musikere, idet de klarer sig 7 procentpoint bedre i Digit Span-Test A (regelmæssig og struktureret rytme). Derudover klarer gruppen af musikere sig 6 procentpoint bedre i Test A (91 %) sammenlignet med Test B (85 %). Dette kan således indikere en mulig tendens til, at rytmisk stimulering i form af et metronom-klik, gør det lettere at strukturere tallene i arbejdshukommelsen. Selvom resultaterne ikke er statistisk signifikante, peger pilotundersøgelsen på, at en regelmæssig og struktureret rytme kan understøtte arbejdshukommelsen.

## 6.3 Begrænsninger

Som tidligere nævnt i diskussionen af resultaterne har pilotundersøgelsen forskellige metodiske begrænsninger. En begrænsning er, at der testes på forskellige måder, idet pilotundersøgelsen anvender en selvudviklet Digit-Span test, som har en anden struktur med to forskellige betingelser. Som tidligere nævnt har forsøget et begrænset antal deltagere (n=14), hvilket kan påvirke resultaterne, idet det lave deltagerantal kan medføre større statistiske udsving. Derudover benytter undersøgelsen udelukkende den rytmiske deltest fra MET-testen, hvilket begrænser analysen til at undersøge sammenhængen mellem deltagernes rytmiske hørefærdigheder og arbejdshukommelse. Pilotundersøgelsen udelader den melodiske deltest og giver dermed ikke et samlet billede af deltagernes musikalske færdigheder, idet der alene foretages en objektiv vurdering af deres rytmiske musikalitet.

Desuden påpeger Vuust et al. (2017), at koncentration og opmærksomhed er vigtige

forudsætninger for, hvor godt man klarer sig i Digit Span-testen. Deltagerne blev testet på forskellige tidspunkter af dagen, hvilket kan have påvirket deres koncentrationsevne og opmærksomhed og dermed også deres resultater.

Derudover er det relevant at inddrage deltagernes respons efter testen. Deltager 4 nævnte, at han havde "overtænkt den rytmiske høretest" og vurderet den som sværere, end den egentlig var. Denne kommentar blev afgivet mundtligt efter testen og før han fik resultatet af MET-testen. Deltager 4 er trommeslager og opnåede en samlet score på 32 i MET-testen, hvilket er den laveste score blandt musikerne. Det lave antal korrekte svar kan således skyldes, at testen blev overtænkt og skabte forvirring, idet deltageren modtager ugentlig undervisning i rytmisk høretræning. Resultaterne viser desuden, at han øver 20 timer om ugen og har spillet trommer i 12 år. Det er bemærkelsesværdigt, at denne deltager scorer lavest i MET-testen blandt musikerne, samtidig med at han er den deltager, som øver mest ud af alle musikere. Dette peger på, at antallet af ugentlige øvetimer ikke nødvendigvis fører til bedre resultater i MET-testen.

Med udgangspunkt i dette kan begreberne transfereffekt og musikalitet diskuteres i relation til MET-testen.

### 6.3 Diskussion af transfereffekt og musikalitet

I denne sammenhæng konkluderer Swaminathan et al. (2021), at MET-testen er brugbar som en objektiv indikator for deltagernes musikalske færdigheder. Testen måler således musikalske evner baseret på 52 forskellige lyd-par med varierende rytmer. Med andre ord kan man argumentere for, at MET-testen hovedsageligt vurderer deltagernes rytmiske musikalitet. Denne pilotundersøgelse bidrager med et unikt perspektiv til det bredere forskningsfelt, der undersøger begreberne musikalitet og transfereffekt. Resultaterne kan dermed udfordre forståelsen af, hvordan musikalitet bør defineres, og hvorvidt det overhovedet er muligt at måle personers musikalitet.

Som tidligere nævnt påpeger Vuust (2017), at begrebet musikalitet er vanskeligt at definere, idet det er et komplekst fænomen, som ikke kan lokaliseres til et bestemt område eller

bestemte funktioner i hjernen. Ligeledes er det svært at måle musikalitet med hjernescanninger, idet fænomenet har en multidimensional karakter. Dog pointeres det, at absolut gehør for mange anses som den ultimative form for musikalitet. Musikalske færdigheder er dermed både arveligt betingede og præget af det miljø, man vokser op i. Derudover kan hjerneforskningen kun bidrage til en forståelse af enkelte delelementer af fænomenet musikalitet. MET-testen giver således hovedsageligt indsigt i specifikke delelementer af fænomenet musikalitet, hvilket betyder, at testen ikke kan måle eller beskrive de kreative og individuelle sider af fænomenet.

Derudover bidrager pilotundersøgelsen til diskussionen af begrebet transfereffekt, idet den undersøger transfereffekten fra det musikalske til andre kognitive evner i form af testpersonernes arbejdshukommelse. Man kan dermed sætte spørgsmålstegn ved, om musikalsk læring kan overføres til andre lærings- og livsområder. De tidligere nævnte studier indikerer, at musikundervisning kan have en positiv indvirkning på andre områder end de musikalske. Problematikken er dog, at hvis musikundervisning reduceres til udelukkende at være i stand til at styrke færdigheder i andre fag som matematik og dansk, så antydes det, at musikfaget som disciplin er mindre værd end disse fag. Dog er der behov for at styrke musikfagets berettigelse, idet musikundervisningen i Danmark ifølge Nielsen (2020) er blevet alvorligt svækket på grund af uddannelsesreformer og fusioner. I denne forbindelse kan det hævdes, at man ønsker at validere transfereffekten for at kunne påvise, at musikundervisning har en målbar effekt.

Pilotundersøgelsen bidrager således til et bredere forskningsfelt, der undersøger, om musikalsk læring kan overføres til andre lærings- og livsområder. Flere studier har i denne forbindelse fokuseret på at validere metoder til at måle musikalske færdigheder. Correia et al. (2022) undersøgte, om MET-testen kunne administreres online, idet man testede 754 deltageres musikalske færdigheder i en digital version af testen. Resultaterne viser, at en online administration af MET-testen er en pålidelig og valid metode til at måle musikalske færdigheder (Correia et al., 2022, s. 955). Ligeledes undersøgte Zanto et al. (2019) validiteten af at bruge en tablet-baseret platform til at vurdere sensomotoriske rytmiske færdigheder hos musikere og ikke-musikere. Her viste resultaterne, at musikere udviser en bedre evne til at synkronisere til metronom-lignende sekvenser end ikke-musikere, mens

unge voksne har en bedre evne til at synkronisere end ældre voksne (Zanto et al., 2019, s. 1).

Derudover har andre studier fokuseret mere specifikt på sammenhængen mellem rytmisk træning og kognitive færdigheder. Et nyere finsk studie af Ahokas et al. (2024) undersøgte, om intensiv rytmeundervisning kunne forbedre arbejdshukommelsen hos elever i første og anden klasse. Resultaterne viste, at rytmeundervisningen gav eleverne i forsøgsgruppen en moderat forbedring af arbejdshukommelsen (Ahokas et al., 2024, s. 999). Ligeledes undersøgte et svensk studie af Nutley et al. (2014) sammenhængen mellem musikalsk øvelse og præstationer i tests af visuel og verbal arbejdshukommelse hos børn og unge over en periode på fire år. Her viste resultaterne en positiv effekt, idet man observerede forbedringer i arbejdshukommelsen (Nutley et al., 2014, s. 1).

I relation til sproglige færdigheder undersøgte Tierney og Kraus (2013), om evnen til at synkronisere til en metronom relaterer sig til kognitive og lingvistiske færdigheder blandt unge uden læsevanskeligheder. Resultaterne viste, at unge med større variation i deres evne til at synkronisere til en metronom klarede sig dårligere i tests, der måler læsning og opmærksomhed (Tierney & Kraus, 2013, s. 225). På lignende måde undersøgte et norsk studie af Lundetræ og Thomson (2018), hvorvidt elevers præstationer i en simpel rytmeopgave ved skolestart kunne forudsige, om de ville få vanskeligheder med læsning og stavning i slutningen af 1. klasse. Her viste resultaterne, at de elever, der havde en god rytmisk synkroniseringsevne ved skolestart, klarede sig bedre i nationale læse- og staveprøver ved slutningen af 1. klasse (Lundetræ & Thomson, 2018, s. 215).

Endvidere undersøgte et nyere studie af Zanto et al. (2024), om et specialdesignet digitalt rytmespil kunne være en stedfortræder for instrumentalundervisning i musik, samt hvorvidt det havde en effekt på færdigheder i matematik og læsning hos skoleelever i alderen 8-9 år. Studiet viste, at den digitale rytmetræning gav eleverne i forsøgsgruppen forbedringer i flydende læsning, men ikke i matematik (Zanto et al., 2024, s. 1).

Overordnet set indikerer disse studier, at musikalsk træning og rytmiske færdigheder kan bidrage positivt til at udvikle specifikke kognitive og sproglige færdigheder, dog er der tale om moderate forbedringer. Der er således fortsat behov for yderligere forskning, der kan

undersøge, hvilken specifik effekt musikalsk træning har for andre lærings- og livsområder. Resultaterne fra pilotundersøgelsen danner således et grundlag for overvejelser om retninger for fremtidige studier.

## 6.4 Fremtidige studier

Pilotundersøgelsen anvendte en selvudviklet Digit Span-test, som adskiller sig fra andre standardiserede versioner ved at inkludere to forskellige betingelser. I et fremtidigt studie vil det være relevant at replikere forsøgsdesignet med et større antal deltagere for at mindske risikoen for statistiske udsving.

Derudover vil det være relevant at anvende begge deltests i MET-testen for at undersøge sammenhængen mellem både rytmiske og melodiske hørefærdigheder og arbejdshukommelse. Denne tilgang kan give en mere nuanceret og objektiv vurdering af deltagernes samlede musikalske færdigheder og musikalitet. Desuden kunne det være relevant at opdele deltagerne i amatørmusikere, professionelle musikere og ikke-musikere for at kunne sammenligne med de tidligere studier.

I en videreudvikling af forsøgsdesignet vil det også være relevant at supplere resultaterne med kvalitative interviews, da disse kan give indblik i deltagernes oplevelser af den selvudviklede Digit Span-test og effekten af de rytmiske stimuleringer. Endvidere kunne det være relevant at anvende andre standardiserede tests, der måler både verbal og visuel arbejdshukommelse.

## 7. Konklusion

Formålet med dette speciale har været at undersøge, om der er en sammenhæng mellem rytmiske hørefærdigheder og arbejdshukommelse, samt hvilken effekt rytmisk træning har på arbejdshukommelsen målt ved en Digit Span-test.

Resultaterne fra pilotundersøgelsen viser, at der er en statistisk signifikant forskel mellem musikere og ikke-musikere i MET-testen, idet musikere opnår en højere korrekt svarprocent end ikke-musikere. Denne forskel indikerer, at musikalsk træning og erfaring har en positiv effekt på præstationen i MET-testen.

Derudover viser resultaterne en tendens til, at musikere i gennemsnit klarer sig bedre end ikke-musikere i Digit Span-testen, idet de opnår en 7 procentpoint højere korrekt svarprocent i Test A. Denne tendens indikerer, at musikere har en bedre arbejdshukommelse end ikke-musikere. Desuden klarer musikere sig 6 procentpoint bedre i Test A end i Test B, hvilket kan indikere en mulig tendens til, at rytmisk stimulering i form af et metronom-klik gør det lettere at strukturere information i arbejdshukommelsen.

Endvidere blev der i denne pilotundersøgelse ikke fundet en statistisk signifikant sammenhæng mellem deltagernes præstationer i MET-testen og Digit Span-testen. Ligeledes blev der ikke observeret en korrelation mellem antal års musikalsk træning og præstationerne i de to tests, samt mellem deltagernes antal ugentlige øvetimer og deres resultater i MET-testen og Digit Span-testen. Den manglende korrelation kan blandt andet skyldes det begrænsede deltagerantal samt brugen af en selvudviklet Digit Span-test, hvilket kan have påvirket resultaternes pålidelighed.

På baggrund af pilotundersøgelsens resultater kan det konkluderes, at der ikke er påvist en tydelig sammenhæng mellem rytmiske hørefærdigheder og arbejdshukommelse målt ved en Digit Span-test.

Diskussionen påpeger, at MET-testen primært måler delelementer af musikalitet og ikke omfatter de kreative og individuelle aspekter. Samlet set indikerer tidligere studier, at

musikalsk træning og rytmiske færdigheder kan bidrage positivt til udviklingen af specifikke kognitive og sproglige færdigheder, dog er der tale om moderate forbedringer. Der er derfor fortsat behov for yderligere forskning, der kan belyse den specifikke effekt af musikalsk træning på andre lærings- og livsområder.

Fremtidige studier bør replikere forsøgsdesignet med et større deltagerantal for at reducere statistiske udsving samt anvende begge deltests i MET-testen for at undersøge sammenhængen mellem rytmiske og melodiske hørefærdigheder og arbejdshukommelse. Dette kan give en mere nuanceret vurdering af deltagernes samlede musikalske færdigheder.

## 8. Tilladelse

Jeg har den 20. marts 2025 modtaget skriftlig tilladelse fra Peter Vuust til at anvende originalt materiale fra MET-testen i forbindelse med denne undersøgelse. Tilladelsen omfatter brugen af lydfiler, noder, rytmiske svarark samt facit.

## 9. Litteraturliste

- Ahokas, J. R., Saarikallio, S., Welch, G., Parviainen, T., & Louhivuori, J. (2024). Rhythm and Reading: Connecting the Training of Musical Rhythm to the Development of Literacy Skills. *Early Childhood Education Journal*.  
<https://doi.org/10.1007/s10643-024-01654-4>
- Bonde, L. O. (2009). *Musik og menneske: introduktion til musikpsykologi*. Samfundslitteratur.
- Correia, A. I., Vincenzi, M., Vanzella, P., Pinheiro, A. P., Lima, C. F., & Schellenberg, E. G. (2022). Can musical ability be tested online? *Behavior Research Methods*, 54(2), 955–969. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01641-2>
- Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Progress in Brain Research*, 169, 323–338.  
[https://doi.org/10.1016/S0079-6123\(07\)00020-9](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(07)00020-9)
- Cross, I. (2008). Musicality and the human capacity for culture. *Musicae Scientiae*, 12, 147–167. <https://doi.org/10.1177/1029864908012001071>
- Hansen, M., Wallentin, M., & Vuust, P. (2013). Working memory and musical competence of musicians and non-musicians. *Psychology of Music*, 41(6), 779–793.  
<https://doi.org/10.1177/030573561245218>
- Honing, H. (2018). On the biological basis of musicality. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1423(1), 51–56. <https://doi.org/10.1111/nyas.13638>
- Lundetræ, K., & Thomson, J. M. (2018). Rhythm production at school entry as a predictor of poor reading and spelling at the end of first grade. *Reading & Writing*, 31(1), 215–237. <https://doi.org/10.1007/s11145-017-9782-9>

- Nielsen, K. H. (2020, 2. juni). *Musikundervisningen er blevet alvorligt svækket i Danmark*. DPU, Aarhus Universitet.  
<https://dpu.au.dk/om-dpu/nyheder/nyhed/artikel/musikundervisningen-er-blevet-alvorligt-svaekket-i-danmark>
- Nutley, S., Darki, F., & Klingberg, T. (2014). Music practice is associated with development of working memory during childhood and adolescence. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 926. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00926>
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., & Ky, C. N. (1993). Music and spatial task performance. *Nature*, 365(6447), 611–611. <https://doi.org/10.1038/365611a0>
- Sværke, K., Hounsgaard, J., & Larsen, S. F. (2024). Hukommelse. I *Den Store Danske*. Lex.dk. Hentet 14. maj 2025 fra <https://lex.dk/hukommelse>
- Swaminathan, S., Kragness, H. E., & Schellenberg, E. G. (2021). The Musical Ear Test: Norms and correlates from a large sample of Canadian undergraduates. *Behavior Research Methods*, 53(5), 2007–2024. <https://doi.org/10.3758/s13428-020-01528-8>
- Tierney, A. T., & Kraus, N. (2013). The ability to tap to a beat relates to cognitive, linguistic, and perceptual skills. *Brain and Language*, 124(3), 225–231.  
<https://doi.org/10.1016/j.bandl.2012.12.014>
- Vuust, P., Petersen, B., Sørensen, S. D. & Ross, S. (2017). *Musik i hjernen: Resultatrapport for Masseeksperiment 2016*. Astra.
- Vuust, P. (2017). *Musik på hjernen: hvad sker der i hjernen, når vi lytter til og spiller musik?*. People's Press.

- Wallentin, M., Nielsen, A. H., Friis-Olivarius, M., Vuust, C., & Vuust, P. (2010). The Musical Ear Test, a new reliable test for measuring musical competence. *Learning and Individual Differences*, 20(3), 188–196.  
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.02.004>
- Zanto, T. P., Padgaonkar, N. T., Nourishad, A., & Gazzaley, A. (2019). A Tablet-Based Assessment of Rhythmic Ability. *Frontiers in Psychology*, 10, 2471–2471.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02471>
- Zanto, T. P., Giannakopoulou, A., Gallen, C. L., Ostrand, A. E., Younger, J. W., Anguera-Singla, R., Anguera, J. A., & Gazzaley, A. (2024). Digital rhythm training improves reading fluency in children. *Developmental Science*, 27(3), e13473-n/a.  
<https://doi.org/10.1111/desc.13473>