

Optimering af mobile interfaces for neurofeedback

Ibrahim Tareen and Michael Kjellerup

DTU



Kongens Lyngby 2013
IMM-B.Sc.-2013-08

Technical University of Denmark
Informatics and Mathematical Modelling
Building 321, DK-2800 Kongens Lyngby, Denmark
Phone +45 45253351, Fax +45 45882673
reception@imm.dtu.dk
www.imm.dtu.dk IMM-B.Sc.-2013-08

Abstrakt

I denne afhandling har vi set på det øvre alpha frekvensbånd ved hjælp af et Emotiv wireless EPOC neuroheadset. Da mobile devices i stigende grad bliver mere og mere populære kan man ved hjælp af Emotiv's neuroheadset udnytte dette og bringe neurofeedback træning "into the wild".

Vi har i denne afhandling konkret set på om hvorvidt det overhovedet er muligt at måle alpha med Emotiv udstyr? Og i hvilken grad vi kan kontrollere det? Og om der overhovedet er opnået en træningseffekt i sidste ende?

Vores forsøg adskiller sig fra andre forsøg ved, at vi foretager neurofeedback træning over en periode på 4 uger istedet for en enkelt uge.

Til analyseringen af vores data brugte vi statistiske beregner og visualisering af data ved hjælp af grafer. Forsøgene bestod af tre forsøgspersoner, som udførte neurofeedback træning igennem fem sessioner, mandag til fredag, over en periode på fire uger. Hver Mandag, Onsdag og Fredag blev den kognitive evne testet ved udførelse af en conceptual span task, som viste en signifikant forbedring for 2 ud af de 3 forsøgspersoner over 4 uger. Vores afhandling bekræfter også, at man ved hjælp af Emotiv's neuroheadset er istand til, at foretage neurofeedback træning dog kunne der ikke påvises nogen form for kontrol over det øvre alpha frekvensbånd over alle 4 uger. Til gengæld viste 2 ud af de 3 forsøgspersoner en form for kontrol over den første uge. Hvorfor der ikke er en stigende kontrol over alle 4 uger, er dog stadig usikkert, men dette skyldes muligvis svigt i koncentrationen på grund af det meget uinteressante interface. Vi har sammenlignet vores studier med andre lignende studier, og ser en overensstemmelse i den første uge, dog ser vi en ændring i udviklingen over 4 uger. Dette rejser spørgsmål til tidligere studier om hvorvidt disse studier overhovedet kan konkludere noget over kun en enkelt uge.

Preface

Denne afhandling er udarbejdet ved instituttet for Informatik og Matematisk Modellering (IMM) på Danmarks Tekniske Universitet (DTU) efter godkendelse af Studielederen for DTU Fotonik Institut for Fotonik, Lars Staalhagen, med henblik på at opfylde kravene for at besidde titlen B.Sc. i IT og Kommunikationsteknologi. Afhandlingsprojektet er udarbejdet i perioden fra 01-02-2013 til 07-06-2013 og lavet i samarbejde med Michael Kai Petersen og Camilla Birgitte Falk Jensen fra instituttet Informatik og Matematisk Modellering, Danmarks Tekniske Universitet.

Lyngby, 07-Juni-2013

Michael Kjellerup og Ibrahim Tareen

Forord

Først og fremmest vil vi gerne takke vores to supervisors Lektor Michael Kai Petersen og PhD studerende Camilla Birgitte Falk Jensen for at introducere os til neurovidenskab og for at have guided os igennem hele projektet og kommet med effektiv feedback. Vi vil også takke Lektor Lars Staalhagen fra DTU Fotonik for godkendelsen af vores afhandlingsprojekt i samarbejde med institut for Informatik og Matematisk modellering. Til sidst vil vi takke PhD studerende Marieta Georgieva Ivanova som startede ud med at gennemgå de forskellige MatLab scripts som var nødvendige for os og Post. Doc Carsten Stahlhut for at tilpasse vores MatLab scripts til netop vores eksperiment.

Indhold

Abstrakt	i
Preface	iii
Forord	v
1 Introduktion	1
1.1 Motivation	2
1.2 Projekt mål	2
1.3 Rapport struktur	4
2 Mobile EEG	5
2.1 Kvantitativ Elektroencefalografi	5
2.2 Hjernebølger	6
2.2.1 Alpha Frekvens	7
3 Metode	11
3.1 Forsøgs Design	11
3.2 Deltagere	12
3.3 Neurofeedback Interface	12
3.4 Procedurer	13
3.4.1 Conceptual Span Task	14
3.5 Metoder til data analyse	14
3.5.1 Opsætning & Udstyr	14
3.6 Procedurer	16
3.6.1 EEG data	16
3.6.2 Statistisk analyse	16

4	Resultat	19
4.1	Kontrol af NFB	19
4.1.1	Statistiske beregninger	24
4.2	Individual Alpha Frequency	24
4.3	Conceptual Span Task	26
4.3.1	Statistiske beregninger	30
5	Diskussion	31
5.1	Interface Feedback Kontrol	31
5.2	Conceptual Span Task	33
5.3	NFB Træningseffekt	34
5.4	Forbedringer til fremtidigt arbejde	35
6	Konklusion	37
A	Neurofeedback Training Schedule	39
B	Conceptual Span test - Kategorier	43
C	Grafer og beregninger for NFB træning	45
C.1	Anders - NFB træning	45
C.2	Ibrahim - NFB træning	48
C.3	Michael - NFB træning	51
C.4	Samlet plot over 3 forsøgspersoner - NFB træning	53
C.4.1	Paired t test for enkelt uge	56
C.4.2	Statistiske beregninger for NFT	58
C.4.3	Statistiske beregninger for Conceptual Span Task	61
C.4.4	IAF	62
D	Dropbox filer	65
D.1	MatLab scripts	65
D.2	Interface Video	65
	Bibliography	67

KAPITEL 1

Introduktion

Den seneste udvikling i neuro-teknologi, så som Emotiv's wireless EPOC neuroheadset til computerspil, har åbnet nye døre for neurovidenskab. Professionelt Elektroencefalografi (EEG) udstyr til brug i laboratorier er meget dyrt, hvis man kan bruge et Emotiv neuroheadset til at foretage effektiv neurofeedback (NFB) måling, så kan man spare utrolig mange penge på NFB research. Det interessante er, at man kan kombinere dette billige udstyr med tablets og smartphones og få mobilt EEG målingsudstyr, som kan måle det samme som de dyre stationære EEG udstyr brugt i laboratorier. Men kan vi overhovedet være sikre på, at det er et alpha signal der sendes ud, når vi måler med et Emotiv neuroheadset? Med et mobilt EEG system bliver det muligt at foretage alpha målinger i "mere naturlige omgivelser". Professionelt EEG udstyr til brug i laboratorier har helt op 256 elektroder til målingen af hjernens aktivitet, hvorimod Emotiv sættet kun har 16. Dette kan have en betydning for kvaliteten af målingen der foretages, da det vil være meget kritisk hvis nogle af elektroderne svigter. Der har også været mange undersøgelser i forhold til hvordan den enkelte individ via Neurofeedback Training (NFT), kan lære at kontrollere ens alpha aktivitet, ligesom den kontrol man har når man styrer en mus, og kan se pilen på computer skærmen, og hvilken effekt dette kan have. Undersøgelser har vist, at det fx kan bruges til, at hjælpe patienter som lider af Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) og Epilepsi eller til at forbedre ens kognitive evner.

1.1 Motivation

Tidligere undersøgelser har vist, at man igennem NFB kan træne kontrollen af hjernebølger i bestemte frekvensområder fx øvre alpha (UA, upper alpha) frekvensbånd.

Disse undersøgelser bliver normalt foretaget i et lukket kontrolleret miljø eksempelvis i et laboratorium, og det har derfor ikke været muligt, at kunne foretage forsøg over en længere periode. Der kan være mange forskellige faktorer som spiller ind ved NFT der forårsager en forbedring af ens kognitive evner. Da disse forsøg normalt bliver lavet af psykologer, har tanken omkring selve designet af feedback interfacet ikke været et fokusområde, dvs hvilket element i interfacet som spiller en rolle for træningen. Da mobile devices, så som smartphones og tablets, er mere populære nu end nogensinde, og er udbredt i hele verden, kan man via et Emotiv wireless EPOC neuroheadset udnytte dette til at bringe NFT ud af det lukkede miljø. Det ville ikke kun være en billigere løsning til patienter som har brug for NFT, men også en meget mere fleksibel løsning til videre forsøg, da det kan foregå i ens eget hjem. Men kan man overhovedet foretage effektiv NFB måling med sådan et setup? Kan man overhovedet lære at kontrollere ens alpha frekvens? kan man opnå en følelse af kontrol over elementerne i ens visuelle feedback? og hvilken træningseffekt kan man opnå?

Der har været designet mange forskellige typer interfaces med henblik på at ligge mere værdi i interfacet, så brugeren samtidig bliver underholdt, mens brugeren også træner sin hjerne. Der har også været interfaces, som har haft fokus på at visualisere hjerne aktiviteten i form af diagrammer, søjler osv.

Til dette har der netop været nogle undersøgelser, hvor man har ændret på forskellige elementer i interfacet. Dette viste sig at have en betydning på resultaterne og dermed en betydning, for den måde vi træner vores hjerne på. Desværre fandt man aldrig ud af præcis hvilke elementer som gjorde denne forskel, om det var samplingsraten, farven eller længden på objektet osv. da man ændrede for mange elementer på samme tid.

1.2 Projekt mål

Formålet med projektet er at opnå en bedre forståelse for de elementer i et mobile interface til NFT, der hjælper til med at opnå en bedre kontrol over vores hjerne i det øvre alpha frekvensbånd. Denne afhandling vil se på NFB som en helhed vedrørende anvendelighed og på at gennemføre NFT eksperimenter for at forstå de underliggende fysiologiske og kognitive aspekter. Til dette anvender

vi en Conceptual span task.

For at opnå dette, så vi på følgende aspekter:

1. Er det muligt at måle alpha aktivitet med Emotiv EPOC neuroheadset.
2. Er det muligt at kontrollere power/amplituden i alfabåndet iforhold til baseline.
3. Er der en effekt baseret på en kognitiv test, som her er conceptual span task.

1.3 Rapport struktur

Udførelsen af projektet har været en iterativ process, hvor de første trin var med henblik på at skabe viden igennem research. Dette førte til udførelsen af en længere periode af forsøg med henblik på at få data til verificering af effektiviteten af Emotiv udstyret og træningseffekten af neurofeedback træningen.

Rapporten er delt i nogle forskellige afsnit som beskriver processen i at optimere et mobilt interface design for neurofeedback ved brug af et wireless EEG headset og en tablet.

I **Kapitel 1** introduceres projektet hvor problemet, motivationen og hvilke mål der skulle opnås for at løse dette problem beskrives.

I **Kapitel 2** beskrives måden hvorpå EEG måles og hvordan det hænger sammen med NFB, herunder følger information omkring hjernebølgerne med fokus på alpha frekvensbåndet.

I **Kapitel 3** beskrives metoder til eksperimentet. Herunder setup til udførelse af forsøg og tests, deltagere, test design samt databehandling.

I **Kapitel 4** ser vi på vores forsøgs resultater samt beregninger for NFT og conceptual span task, som vi har fundet mest relevant i forhold til rapporten.

I **Kapitel 5** fokuserer vi på, at diskutere de resultater som vi er kommet frem til igennem vores forsøg. Yderligere diskuterer vi forbedringer og arbejde, som ville være relevante i den fremtidige forskning indenfor neurovidenskab.

Til sidst har vi vores konklusion, som er i **Kapitel 6**, hvor vi konkludere den viden, som vi har opnået med henblik på de formål vi havde sat os, da vi startede på projektet.

Mobile EEG

2.1 Kvantitativ Elektroencefalografi

Elektroencefalografi (EEG) er målingen af den elektriske aktivitet omkring hovedet. EEG måler elektriske impulser, som opstår fra neuronerne i hjernen. Der er ca. 20 milliarder neuroner i hjernen, og disse er elektrisk ladet. Når neuronerne arbejder sammen i synkroni opstår der skiftende elektriske potentialer i synapserne, som er forbindelsesled mellem neuronerne. EEG er da målingen af disse spændinger over tid. En enkelt neuron har ikke nok styrke til at kunne blive opfanget af et måleapparat, derfor viser EEG aktivitet altid en summation af den synkronne aktivitet af millioner af neuroner[Srinivasan, 2006].

EEG aktiviteten fra hovedbunden viser svingninger på forskellige frekvenser. Mange af disse svingninger har karakteristiske frekvensområder. De mest interessante frekvensområder er delta, theta, alpha, beta og gamma, som videre beskrives i afsnit 2.2.

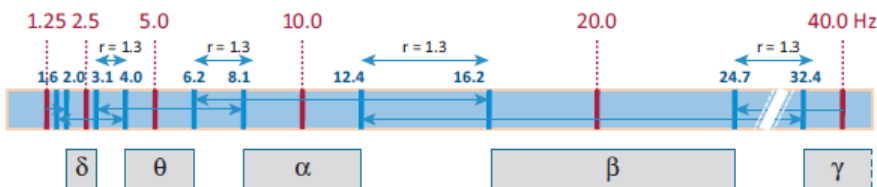
EEG bruges også til NFB, ved at illustrere hjerne aktivitet i realtime, med formålet at træne og styre hjerne frekvenserne. Ved NFB placeres 16 elektroder på hovedet som måler hjernens øvre alpha frekvens, og viser denne data i realtime via et software.

I denne rapport refererer EEG til målingen af hjernens spontane elektriske ak-

tivitet over en periode inden for specifikke frekvensområder, målt af elektroder som er placeret på hovedet. Det som vi arbejder med igennem vores forløb, er kvantitativ EEG i modsætning til Event-related-potentials (ERP), som betyder at ens hjerne er synkroniseret med et event, fx når man klikker på en mus med sin højre hånd, så tester man om det har nogen relation til bestemte steder i hjernen. Dette gør vi dog ikke, da vores arbejde ikke er event relateret, derimod ved kvantitativ EEG, ser vi på EEG dataen, og prøver at analysere og danne nogen kvantitative mønstre over denne data.

2.2 Hjernebølger

Ifølge [Klimesch, 2012] defineres de forskellige hjernefrekvenser ud fra harmoniske svigninger med alpha som centrum (ligevægt) ved $10Hz$, da det er her, at alpha er mest dominant og tydeligst. For frekvenser som er langsommere end alpha, er værdierne henholdsvis $\frac{f\alpha}{2} = 5Hz$ for theta og $\frac{f\alpha}{4} = 2.5Hz$ for delta. For frekvenser som er hurtigere end alpha, er værdierne henholdsvis $f\alpha * 2 = 20Hz$ for beta og $f\alpha * 4 = 40Hz$ for delta.



Figur 2.1: Figuren viser at de traditionelle frekvensbånd kan rekonstrueres på baggrund af de 3 forudsætninger fra [Klimesch, 2012]. Her ses at alpha frekvensbåndet har ligevægtpunkt ved $10Hz$, ligevægtpunktet for alle de naboliggende frekvensbånd er harmonisk forbundet med alpha båndet, og at frekvensbåndenes båndbredde er beregnet ved hjælp af det gyldne snit for at få mindst mulig interferens imellem båndene.

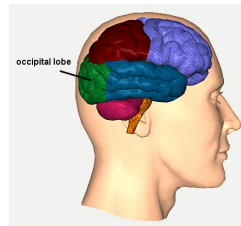
Til at beskrive frekvensbåndenes bredde samt adskillelsen af frekvenserne ifølge [Klimesch, 2012], bliver der brugt værdien 1.618 som er det gyldne snit. Dette medfører båndbredder: $2 - 3Hz$ for delta, $4 - 6Hz$ for theta, $8 - 12Hz$ for alpha, $16 - 25Hz$ for beta og $32Hz$ og større for gamma (se figur 2.1). Hver af de forskellige grupper af hjernebølger angiver de forskellige typer af tilstande, som hjernen har, og udgør tilsammen et "netværk", som arbejder sammen på kryds og tværs. Alle disse tilstande er afhængige af hinanden, og der skal helst være en

flydende og ikke for hurtig overgang mellem tilstandene [Srinivasan, 2006]. En for hurtig overgang mellem tilstandene er usundt og farligt for kroppen, svarende til at man vælter ud af sengen om morgenen, drikker noget kaffe for at stimulere hjernen (beta tilstand), og går direkte på arbejde.

2.2.1 Alpha Frekvens

Alpha frekvensen er den mest dominante frekvens i hjernen hos voksne, og er den frekvens, som har den længste bølgelængde og dermed det kraftigste signal, hvilket også er grunden til, at det var den første frekvens, som blev opdaget ifølge [Foster, 2003].

Alpha frekvenser kan måles i hele hjernen, og har en frekvens på cirka $10Hz$ hos de fleste mennesker, men bliver defineret i området af $8 - 12Hz$ og en amplitude på $20 - 50\mu V$. Dog er amplituden oftest størst i den bagerste del af hovedet, altså nakke lappen (occipital lobe), ved vågen tilstand, hvilket også er derfor, at vi primært måler signalet derfra. Yderligere har det vist sig, at Alpha frekvensen let kan blive opfanget ved lukkede øjne, da signalet bliver kraftigere.



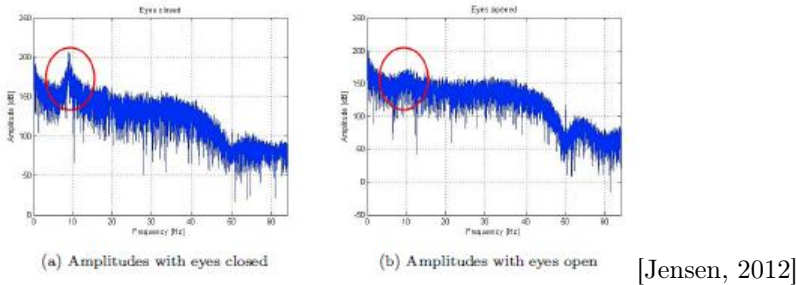
Figur 2.2: Det grønne område, som er markeret i figuren, viser nakkelappen (occipital lobe).

Aktiviteten på alpha båndet er interessant, fordi det er det eneste frekvensområde (med undtagelse af langsom beta, som netop bliver brugt til styring af bevægelser), som reagerer på stimuli og/eller opgaver med enten en faldende eller stigende amplitude ifølge [Klimesch, 2012].

Den individuelle alpha frekvens (IAF) er individuel for hver person, og er defineret ved en nedre alpha frekvens og en øvre alpha frekvens. Det er individuelt hvor IAF er dominerende fra person til person i $8 - 12Hz$ frekvensområdet. Undersøgelser har vist at det nedre alpha frekvensbånd har en båndbredde på ca. $3.5 - 4Hz$, og en øvre frekvensbånd på ca. $1 - 1.5Hz$ hvilket udgør et samlet alpha frekvensbånd på $5 Hz$ [Jensen, 2012]. Det interessante ved IAF er, i sammenhæng med NFT, at man kan bruge det til at observere skift i default netværk. Et skift i default netværk medfører, at der er sket en ændring i hjernen.

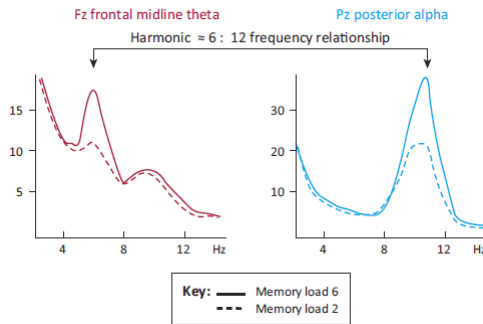
Forskere har undersøgt forbindelsen mellem alpha amplituden og det fysiologiske på mennesket. Undersøgelsen viste at alpha amplituden var højest, når man var i vågen tilstand med lukkede øjne og i afslappet tilstand. Derimod var alpha amplituden faldende, når man havde åbne øjne. Yderligere viste det sig, at alpha amplituden havde tendens til at stige, når man begyndte at beskæftige sig med mentale opgaver, eller udførte fysiske bevægelser, blev anspændt, bekymret eller fik angst.

En måde man kan sikre sig, at vores Emotiv neuroheadset rent faktisk måler alpha, er ved hjælp af disse fysiologiske undersøgelser, hvor man kan observere ændringer i alpha signalet ved hhv. lukket og åbne øjne [Ivanova, 2012].



Figur 2.3: (a) viser amplituden med lukkede øjne og (b) med åbne øjne. Amplituden er højere i (a) end i (b) ved 10 Hz , som dermed viser forskellen i alpha aktivitet samt, at disse ændringer er målbare med Emotiv udstyret.

Når vi lukker øjene, bliver der lukket af for signaler til visual cortex, hvilket er den del af hjernen, som opfanger data igennem øjnene. Dette medfører at alpha stiger. Når en frekvens stiger betyder det, at der opstår inhibition, hvilket betyder, at der sker en filtrering (signalet bliver kraftigere) samtidig med, at andre signaler bliver dekoklet, hvilket sker, når amplitude skifter, og frekvensbåndene ikke længere er i fase. Et lignende eksempel er også illustreret på figur 2.3.



[Klimesch, 2012]

Figur 2.4: På figuren til venstre ses at når theta stiger (ved 6 Hz), så falder alpha, altså den dekokler fra alpha. På figuren til højre ses ligeledes at når alpha stiger (ved 12 Hz), så dekokler den fra theta. Altså der sker en til- og fra kobling mht. hvilken frekvens man fokuserer på i hjernen.

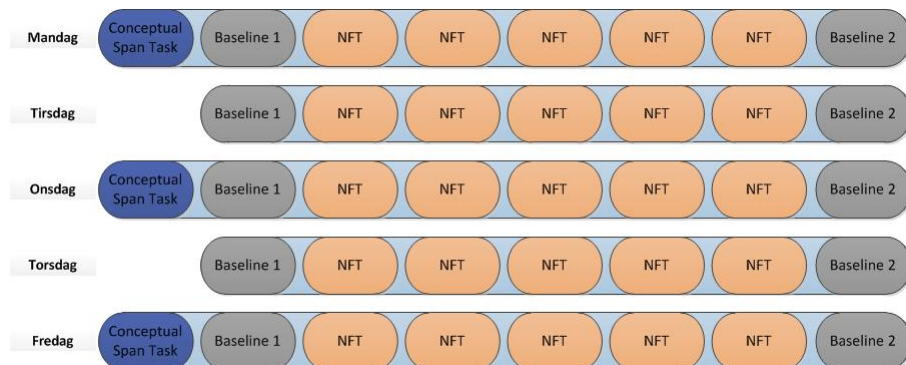
Derudover vil identifikationen af IAF fra baseline målinger indikere, at alpha frekvenserne kunne måles fra individer med åbne øjne. Baseline målingerne blev brugt til at estimere den gennemsnitlige aktivitet, når man ikke udførte nogle krævende opgaver.

Metode

Hver uge udførte vi 3 conceptual span tasks, 25 NFB træninger og 10 baseline målinger. Da vi stadig er i start fasen af forskningen, er der stadig mange ukendte faktorer, der spiller ind. Derfor har vi opsat forsøget under ideelle forhold, så vi kan være sikre på, at det rent faktisk er et alpha signal, vi måler og træner. Alle forsøgene blev udført ens og foretaget under optimale forhold. Vi anvendte et lokale, hvor der ikke var larm og forstyrrelser, og sørgede for, at lyset og diverse stik kontakter var slukket, for at der ikke skulle opstå interferens og for at vi ikke skulle opfange ubrugelige signaler. Derudover sørgede vi for ikke at lukke øjnene under forsøget og bevare en afslappet kæbe samt holde musklerne i ro, da dette kan påvirke frekvensen. Vi håber på, at man kan, ved fremtidig brug af dette Emotiv udstyr, bruge det hvor som helst og under knap så ideelle forhold.

3.1 Forsøgs Design

Forsøgene blev udført 5 gange ugentligt, mandag til fredag, over en periode på 4 uger, hvor vi foretog et forsøg per dag. Hvert forsøg startede med en baseline måling på 5 minutter. Baseline målingen blev efterfulgt af 5 trænings sessioner på hver 5 minutter. Hver mandag, onsdag og fredag skulle der udføres en Conceptual span task (kognitiv hukommelses opgave), som blev foretaget før den første baseline.



Figur 3.1: Strukturen af vores baseline målinger, vores træninger og vores conceptual span tasks, som blev foretaget i dette projekt over en periode på 4 uger.

Vores forsøgs design er udviklet med henblik på at verificere, om det er muligt at udføre NFT med Emotiv udstyr, og om det har en træningseffekt for udførelsen af conceptual span task. Netop derfor har vi valgt at udføre en conceptual span task hver anden dag efterfulgt af en baseline 1 måling, derefter 5 NFT og en afsluttende baseline 2 måling. Baseline er en individuel måling, da den varierer fra person til person, og dermed vil hver person have forskellige udgangspunkter. Herefter bruger vi vores baseline 1, til at sammenligne med vores baseline 2, med henblik på, om der er sket en udvikling i, vores NFT.

3.2 Deltagere

De udførte forsøg blev udført af os selv (Michael & Ibrahim), samt en anden mandlig studerende (Anders). Vi har en gennemsnitsalder på 22.6 år og en spredning på 1.154. Vi har alle et sundt helbred og lider ikke af nogle mentale sygdomme.

3.3 Neurofeedback Interface

Vi tager udgangspunkt i et allerede eksisterende interface, som består af en firkant, som skifter farve, i real time, 8 gange i sekundet. Farven i firkanten repræsenterer størrelse af amplituden i det øvre alpha frekvensbånd. Den grå firkant angiver baseline, som angiver en hjerne aktivitet, hvor man ikke udfører

nogen form for mentale opgaver, den blå firkant angiver, når hjerneaktiviteten falder under vores baseline, og den røde firkant angiver, når hjerneaktiviteten er over vores baseline. Farven i firkanten skifter gradvist for netop at give en mere flydende overgang, så det giver en bedre følelse af kontrol.



Figur 3.2: Den blå (venstre), grå (midt) og røde (højre) firkant angiver den gennemsnitlige øvre alpha amplitude (10-12Hz), når den er hhv. lavere, det samme som eller højere end baseline niveauet. For at få en bedre fornemmelse af interfacet, har vi lavet en video som illustrerer dette, se D.2.

3.4 Procedurer

Inden forsøgene gik i gang, skulle vi sørge for, at samtlige kanaler på emotiv headsættet havde et optimalt signal. Dette blev udført ved brug af vores EPOC control panel, som er et interface, som viser en hovedbund med de forskellige elektroder. For at sikre et godt EEG signal skulle impedancen mellem elektroderne og hovedbunden holdes under $5k\Omega$, hvilket svarer til, at indikatoren på EPOC control panel lyser grønt for den enkelte elektrode [Stopczynski et al.,].

Interfacet blev automatisk vist ved start af Android applikationen (Sbs2 - Neurofeedbackwindow).

Ved Baseline målingerne skulle man tælle antallet af røde firkanter på interfacet, for at forhindre dødsighed og for at tænke på noget simpelt, som ikke kræver den store "hjerne kraft". Firkanterne som vises på interfaces er uafhængig af hjerneaktiviteten under baseline målingen.

Efter baseline målingen går NFT i gang og firkantens opførelse (rød, blå og grå) er afhængig af hjerneaktiviteten som bliver sendt fra vores Emotiv headset. Under denne test skulle vi prøve, at tænke på noget så firkanten ville blive rød.

Vi havde udarbejdet en plan, over hvad vi skulle tænke på, til hver NFB session mellem Mandag og Fredag. Dette gør det forhåbentlig mere overskueligt, når vi skal analysere vores resultater.

Dag	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
Tanker	Planer	Motion	Fysik	Rejser	Barndom

Tabel 3.1: Overstående tabel viser hvad vi har tænkt på over de 4 uger.

3.4.1 Conceptual Span Task

Undersøgelser fra [Klimesch, 2012] tyder på, at øvre alpha er associeret med semantic processing. Den conceptual span task, som vi tog udgangspunkt i, er en tilpasset udgave, som blev brugt af Haarmann Develaar og Usher (2003). Formålet med conceptual span task, i vores sammenhæng, er at se hvordan NFT påvirker hukommelses evnen over en længere periode.

Conceptual span task er en computer baseret kognitiv test. Testen bestod i at huske 3 tilfældige navneord ud af 9, som på forhånd var blevet kategoriseret i 6 semantiske kategorier. Der blev vist 9 forskellige navneord på skærmen i sekventiel rækkefølge, efterfulgt af et kategori-navn som blev vist med store bogstaver i midten af skærmen. Disse ord blev vist med en kontrolleret hastighed på 1 ord i sekundet. Herefter havde man max 5 sekunder til, at huske hvilke navneord som tilhørte den kategori, som blev vist på skærmen (der ville være 3 navneord, som vil passe ind i en kategori). Efter de 5 sekunder ville kategori-navnet forsvinde og en ny test ville starte automatisk. Denne hukommelse test blev gentaget 21 gange. Man har såvidt forsøgt at lave conceptual span task så tilfældig som muligt. Derfor har man prøvet at lave 7 kategorier, som har mindst mulig relation til hinanden, hvilket gør at man ved testen har færre misforståelser med hensyn til hvilke navneord der hører til hvilke kategorier, fx har vi dyr, som man forbinder med noget, som er levende, vi har tøj, som man forbinder med noget, som man kan have på og vi har instrumenter, som man forbinder med lyd og noget, man kan spille på.

I BilagB side. 43 kan man se den fulde liste af kategorier samt navneord, som blev brugt til testen.

3.5 Metoder til data analyse

3.5.1 Opsætning & Udstyr

Til vores forsøg brugte vi et Emotiv wireless EPOC neuroheadset til måling af EEG signal og en Android Tablet til visning af NFB. Emotiv headsættet var forbundet til en tablet via en USB, hvor data blev gemt. Disse raw data blev via

Python dekodet til tekst filer, som blev tilføjet til et DataLog Excel ark, som derefter blev læst af et MatLab script. Dette MatLab script håndterer data til EEGLAB, som gør det muligt for os at læse dataen. Vi brugte derefter et plot script som gav os grafer over EEG målingerne som output.



Figur 3.3: Her ses vores Emotiv Headset og Android tablet, som blev brugt til vores forsøg.

3.6 Procedurer

Til at lave conceptual span task, blev testene udført i et program, ved navn PsychoPy, som optog svar- og spørgsmåls data i hhv. lyd filer og Excel filer.

3.6.1 EEG data

Vores EEG data signaler blev opfanget igennem vores Emotiv wireless headset med en samplingsfrekvens på 128 Hz. EEG headset bestod af 14 kanaler AF3, F7, F3, FC5, T7, P7, O1, O2, P8, T8, FC6, F4, F8 og AF4 samt 2 referenceelektroder P3 og P4 ifølge 10-20 systemet (EEG). Det NFB som blev målt, i real time, under træningssessionerne, var baseret på data, som blev målt igennem kanalerne O1 og O2 med referenceelektroderne P3 og P4.

3.6.1.1 Data behandling

For at analysere alt vores data kørte vi det igennem et MatLab script kaldet **runAnalysis.m**. Dette script behandlede alt vores emotiv data, så det kunne bruges som MatLab data. Efterfølgende kørte vi **thresholdData.m**, som oprettede data filer indholdende matricer med alle forsøgspersonernes data fra de relevante elektroder. Herefter kørte vi scriptet **getAveragedUA.m** for at få den gennemsnitlige øvre alpha frekvens i forhold til vores baseline. Til sidst kørte vi **plotEachSubjects.m**, som plottede vores målinger for hver af de fire uger. For mere information om MatLab scripts se BilagD side. 65.

3.6.2 Statistisk analyse

For hver af vores målinger har vi beregnet gennemsnittet over alpha amplituden. For at se om udviklingen har været faldende eller stigende, brugte vi den lineære regressions model både over målingerne per dag og per uge. For at afgøre om der har været en forbedring, og om den er signifikant, over alle 4 uger, brugte vi en two-tailed t-test. Vi har desuden set på vores baseline, om hvorvidt denne har forbedret sig signifikant. Til bestemmelse af dette har vi anvendt en paired t-test.

For at vurdere resultatet af vores conceptual span task, brugte vi samme fremgangsmåde, altså den lineære regressionsmodel, til at se udviklingen og en two-tailed t-test, for netop at kunne vurdere hvor stor en ændring der har været.

En two tailed t-test bruges til at vise om vores data ligger signifikant over en given værdi, hvilket vil sige, at når vi bruger en t-test, er det for at vise om vores udvikling af data har ændret sig signifikant eller ej.

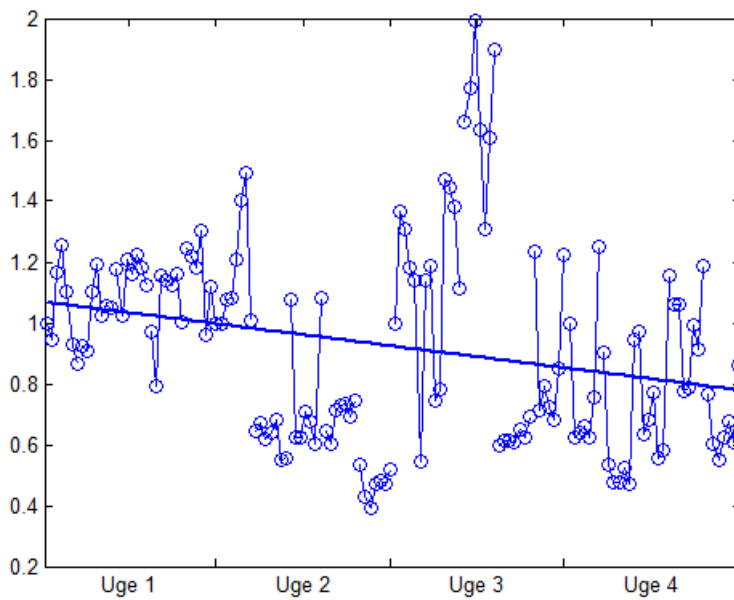
En paired t-test er en test, som bruges når mere end ét datasæt bruges, eller hvis ens datasæt bruges to gange. I vores tilfælde er det til at teste vores baseline før træning og igen efter træning, for at sammenligne om der er sket en ændring før og efter.

4.1 Kontrol af NFB

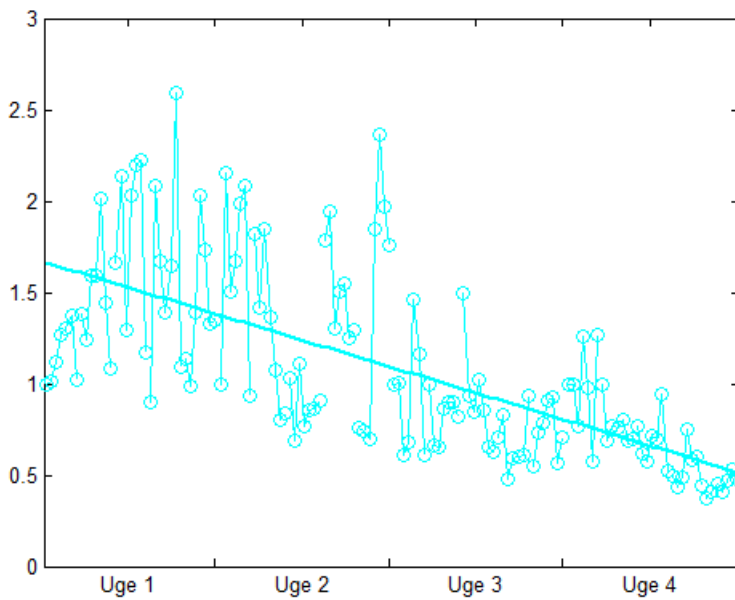
Til at analysere udviklingen over de 4 uger, som bestod af 25 NFT, har vi plottet en graf over hver uge for hver af deltagerne.

Til at visualisere træningsudviklingen, har vi anvendt en lineær regressionslinie på alle vores grafer både per dag og over hele 4 ugers perioden. Samtlige plots repræsenterer den gennemsnitlige UA amplitude for hver deltager. Derudover har vi lavet en graf over alle tre forsøgspersoner over de fire uger. Hvert plot er normaliseret i forhold til den første baseline i hver session.

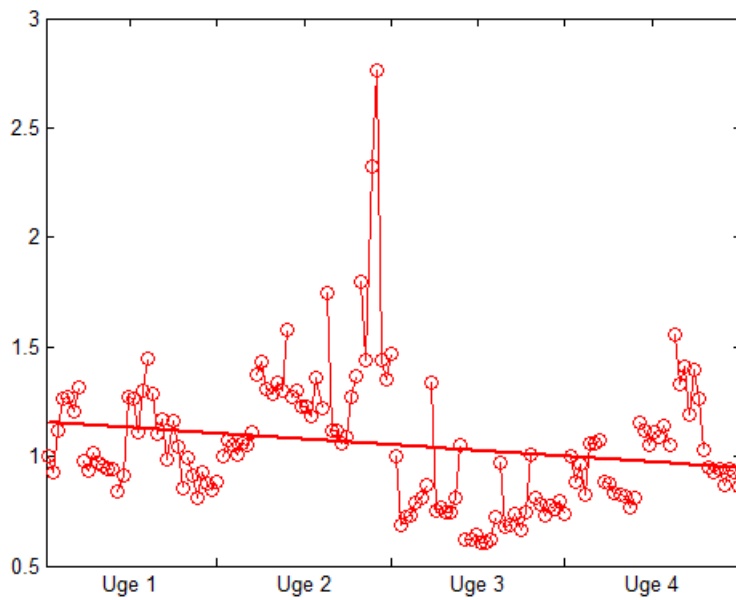
Regressionslinien for hver af vores grafer viser en falende tendens over alle 4 uger. For at vurdere om der er sket en signifikant ændring, har vi anvendt en two-tailed t-test. Derudover har vi lavet en graf for hver af de 3 deltagere over de 4 uger, som viser den normaliserede UA amplitude i forhold til den første baseline. Til at analysere grafen har vi anvendt en two-tailed t-test.



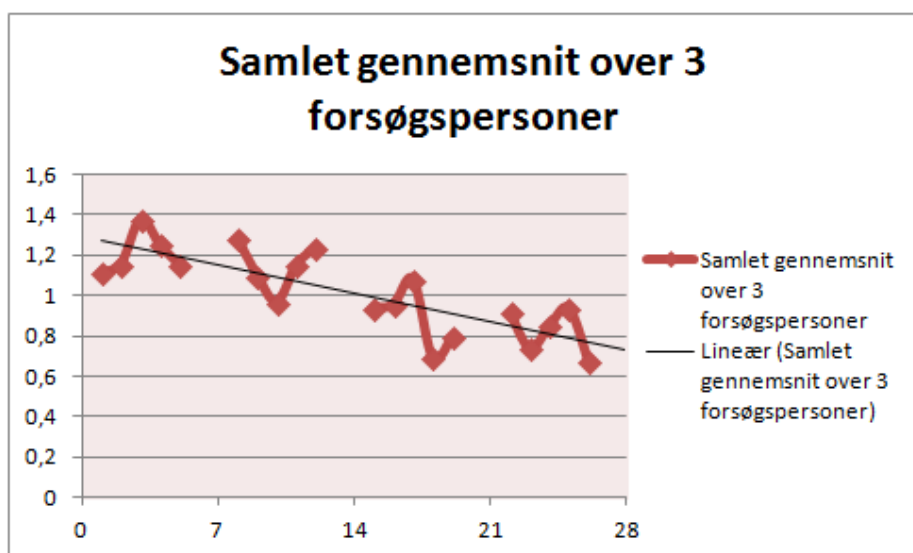
Figur 4.1: Anders: Overstående graf viser den gennemsnitlige NFB træning over alle 4 uger. De blå cirkler repræsenterer den normaliserede UA amplitude ift. den første baseline. Linjen viser den lineære regression over alle 4 uger. Grafen viser en nedadgående tendens i NFB træning over de 4 uger.



Figur 4.2: Ibrahim: Overstående graf viser den gennemsnitlige NFB træning over alle 4 uger. De lyse blå cirkler repræsenterer den normaliserede UA amplitude ift. den første baseline. Linjen viser den lineære regression over alle 4 uger. Grafen viser en nedadgående tendens i NFB træning over de 4 uger.



Figur 4.3: Michael: Overstående graf viser den gennemsnitlige NFB træning over alle 4 uger. De rød cirkler repræsenterer den normaliserede UA amplitude ift. den første baseline. Linjen viser den lineære regression over alle 4 uger. Grafen viser en nedadgående tendens i NFB træning over de 4 uger.



Figur 4.4: Overstående graf viser den gennemsnitlige NFB træning for alle 3 deltagere (Michael, Anders og Ibrahim) over alle 4 uger. X-aksen angiver de 4 uger, og y-aksen angiver den normaliserede UA amplitude i forhold til den første baseline. De røde firkanter repræsenterer vores data for hver dag. Den sorte linje viser den lineære regression over alle 4 uger. Grafen viser en nedadgående tendens i NFT træning over de 4 uger.

4.1.1 Statistiske beregninger

Til at kunne vurdere om der har været en forbedring af vores NFT, har vi set på hvordan vores baseline har udviklet sig over hele 4 ugers perioden. Her ser vi på, om vores baseline har haft en signifikant forbedring efter 4 ugers træning. Vi tager derfor vores baselines fra mandag, og sammenligner med vores baselines fra fredag, for en enkelt uge, og laver en paired t-test. Dette kan ses i C.4.1. Vi tager derudover baselines fra mandag uge 1, og sammenligner med vores baselines fra fredag uge 4, og laver igen en paired t-test. Dette kan ses i C.4.2. Derudover har vi grupperet vores data, så man kan se på den samlet udvikling af baseline i vores tests over en periode på 4 uger, for netop at kunne vurdere, om der er sket en signifikant forbedring eller ej.

Resultaterne for vores paired t-test over baseline fra mandag uge 1 til fredag uge 1, viste at der for alle tre deltagere ikke var sket nogen signifikant forbedring, idét værdierne for de tre forsøgspersoner (Tabel C.1, C.2 og C.3) hhv. var på ($t(1) = 12.706, p = 0.182$), ($t(1) = 12.706, p = 0.244$) og ($t(1) = 12.706, p = 0.495$).

Resultaterne for vores paired t-test over baseline fra mandag uge 1 til fredag uge 4 viste, at for to ud af de tre deltagere (hhv. Tabel C.4 for Anders og C.6 for Michael), at der ikke var sket nogen signifikant forbedring af baseline, idét værdierne var hhv. ($t(1) = 12.706, p = 0.4873$) og ($t(1) = 12.706, p = 0.4279$). Den sidste deltager (Tabel C.5 for Ibrahim) viste derimod en signifikant forbedring af baseline idét ($t(1) = 12.706, p = 0.0471$). Derudover viste det sig, at resultaterne for alle tre forsøgspersoners samlet data over alle 4 uger, at der var sket en signifikant forringelse af baseline idét ($t(1) = 12.706, p = 0.028$).

Da vi på vores samlet data for alle tre forsøgspersoner over den første uge (se figur C.13), kan se en stigende tendens, ville det være interessant, at se om tendensen stiger signifikant eller ej. Vi har da taget gennemsnittet af alle 3 forsøgspersoners træningssessioner og testet dem imod den gennemsnitlige startværdi med en two-tailed t test. Testen viste dog, at der ikke var sket nogen signifikant forbedring idét ($t(5) = 2.776, p = 0.1134$).

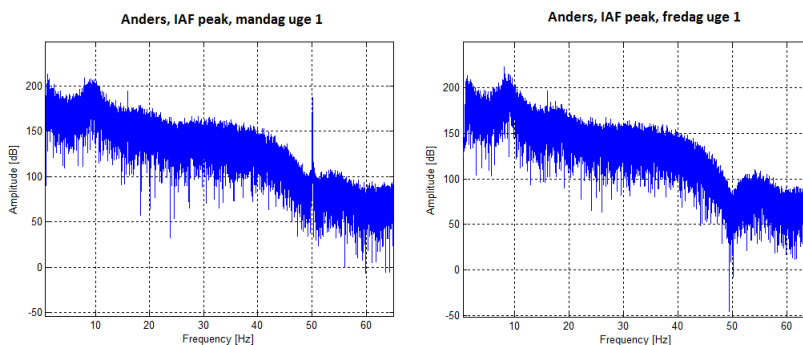
Tabellerne for alle de statistiske beregninger kan findes i Appendix C, i afsnit C.4.1 og C.4.2.

4.2 Individual Alpha Frequency

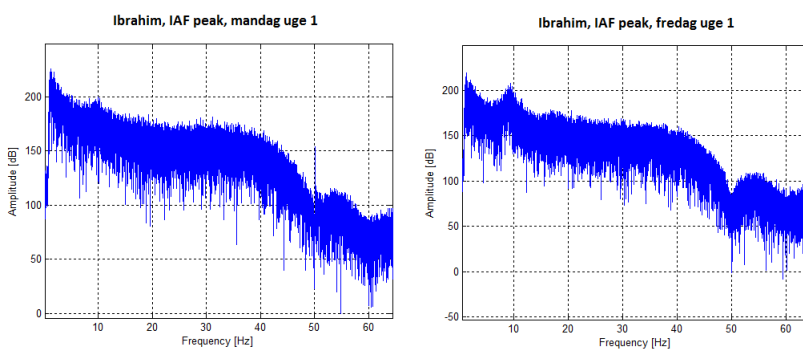
Til analysering af IAF, og om der har været et skift i vores alpha peak, så har vi plottet hele frekvensområdet med fokus på alpha. Vi har lavet plots over uge 1 (mandag og fredag). Vi har på disse plots indentificeret hver af de tre personers

IAF peaks.

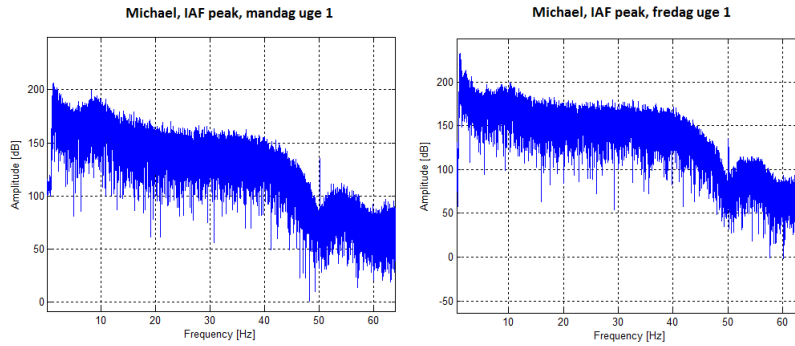
IAF for hver af forsøgspersonerne var defineret ud fra den første baseline måling for hver session. Det kan ses, at IAF varierer en smule for hver session, men ser ud til at være nogenlunde konstant. Tabellen for IAF målinger kan ses i Appendix C.4.4.



Figur 4.5: Anders: Overstående graf viser IAF for uge 1. Her kan det ses, at alpha har sit peak hhv. mandag og fredag ved $9.16Hz$ og $8.89Hz$. (Se tabel C.12)



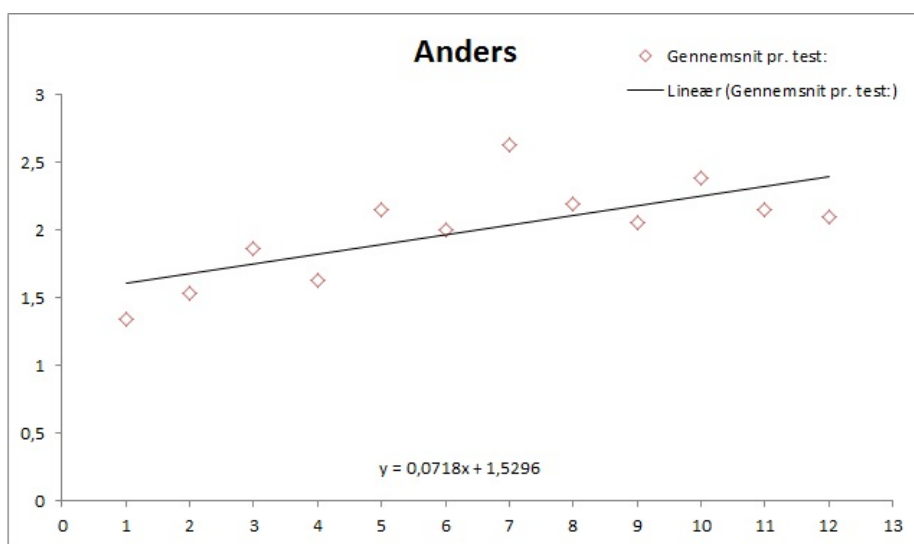
Figur 4.6: Ibrahim: Overstående graf viser IAF for uge 1. Her kan det ses, at alpha har sit peak hhv. mandag og fredag ved $9.51Hz$ og $9.40Hz$. (Se tabel C.12)



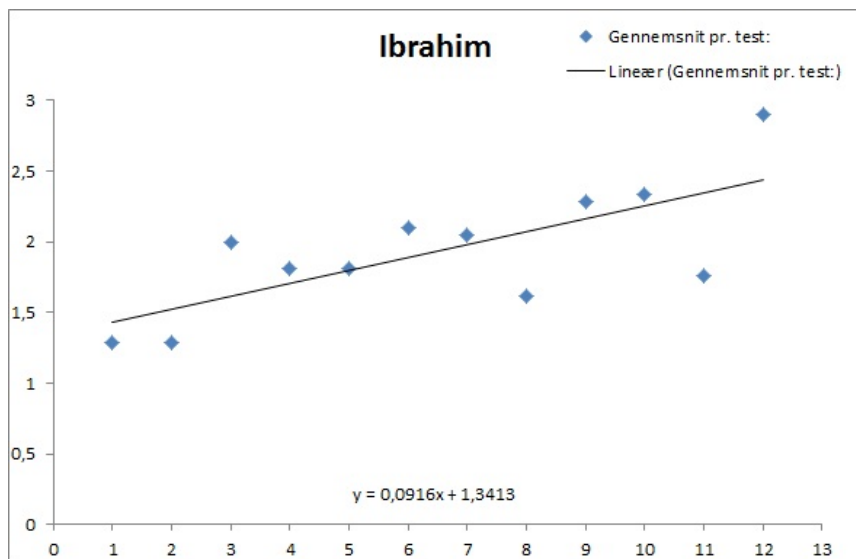
Figur 4.7: Michael: Overstående graf viser IAF for uge 1. Her kan det ses, at alpha har sit peak hhv. mandag og fredag ved $8.15Hz$ og $10.27Hz$. (Se tabel C.12).

4.3 Conceptual Span Task

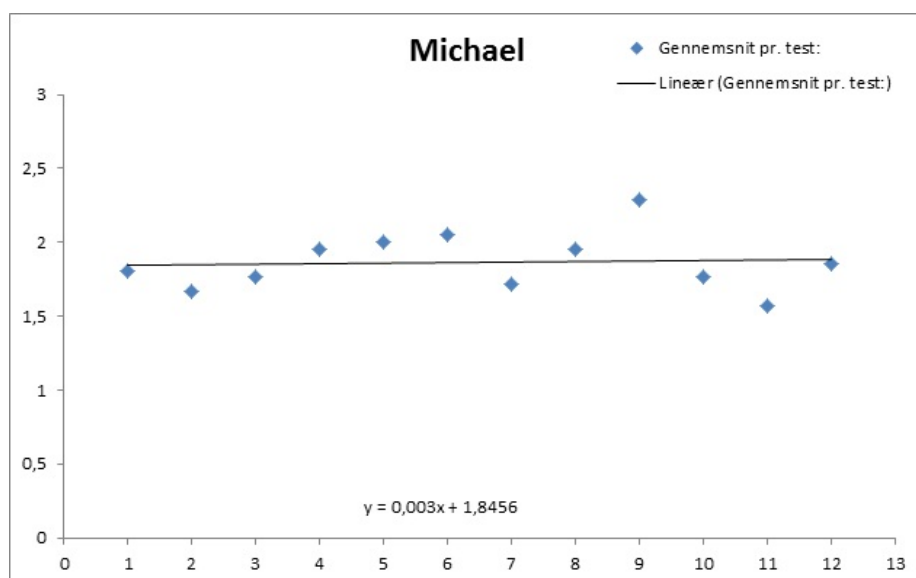
Til at analysere udviklingen over de 4 uger, som bestod af 12 Conceptual Span tasks, har vi plottet en graf for hver uge.



Figur 4.8: Denne figur viser resultatet af alle 12 conceptual span tasks over en periode af 4 uger. X-aksen angiver sessions, og y-aksen angiver antal rigtige. Hver punkt på plottet angiver den gennemsnitlige værdi af rigtige svar for hver session. Derudover ses en tendenslinje over de 12 sessions.



Figur 4.9: Denne figur viser resultatet af alle 12 conceptual span tasks over en periode af 4 uger. X-aksen angiver sessions, og y-aksen angiver antal rigtige. Hver punkt på plottet angiver den gennemsnitlige værdi af rigtige svar for hver session. Derudover ses en tendenslinje over de 12 sessions.



Figur 4.10: Denne figur viser resultatet af alle 12 conceptual span tasks over en periode af 4 uger. X-aksen angiver sessions, og y-aksen angiver antal rigtige. Hver punkt på plottet angiver den gennemsnitlige værdi af rigtige svar for hver session. Derudover ses en tendenslinje over de 12 sessions.

Vi har for hver session noteret alle vores svar, og har derefter udregnet gennemsnittet af antal rigtige svar. Vi har derefter brugt en linear regressionsmodel for, at analysere hvordan resultatet af vores tests har udviklet sig over en periode på 12 sessions. Man ser en klar tendens i stigning af antal rigtige over en periode på 12 sessions på figur 4.8 og figur 4.9, derimod er der kun en minimal stigning i figur 4.10.

4.3.1 Statistiske beregninger

For at kunne vurdere om hvor vidt vores udførelse af Conceptual Span Task har vist en signifikant forbedring eller ej, har vi brugt en two-tailed t-test.

Til udregningen af dette satte vi vores startværdi (gennemsnittet af resultaterne for første udførelse af Conceptual Span Task) op imod vores datasæt (gennemsnittene af resultaterne for alle de 12 udførte tests), med et konfidensinterval på $\alpha = 0.05$. Dette gav os mulighed for, at vurdere om der havde været en forbedring i vores Conceptual Span Test over denne 4 ugers periode.

Resultaterne for vores two-tailed t-test viste, at for to af deltagerne (hhv. Tabel C.9 for Anders og C.10 for Ibrahim) var der en signifikant forbedring, idét værdierne var hhv. $(t(11) = 2.20, p = 0.000057)$ og $(t(11) = 2.20, p = 0,00042)$, hvorimod at den sidste af deltagerne (se Tabel C.11 for Michael) ikke havde en signifikant forbedring idét $(t(11) = 2.20, p = 0.34)$.

Tabellerne for alle de statistiske beregninger kan findes i Appendix C.4.3

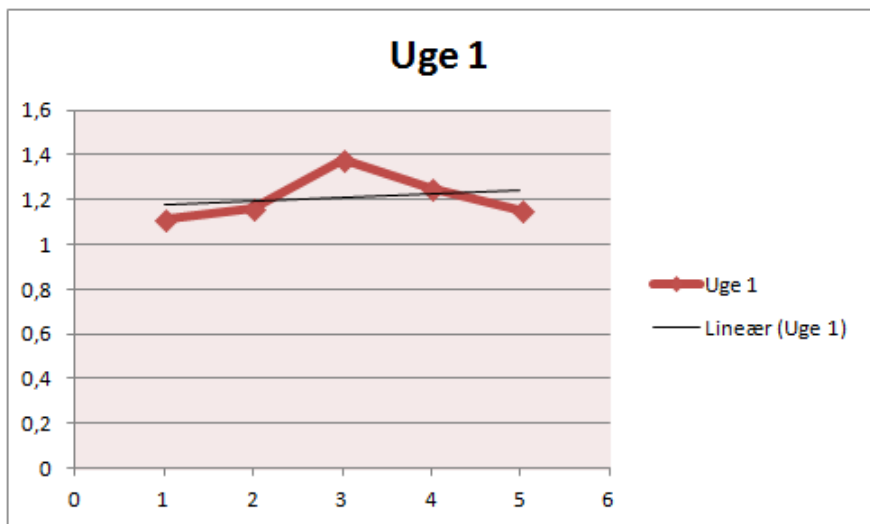
Diskussion

Hovedaspekterne som vi har analyseret og diskuteret i denne afhandling, er om det er muligt at foretage NFT med et Emotiv EPOC neuroheadset, og om det er muligt at kontrollere power eller amplituden i alfabåndet i forhold til baseline, og om der er en kognitiv effekt. Kriteriene til at verificere resultaterne var defineret i forhold til træningsevnen og conceptual span task. Træningsevnen kan i sig selv diskuteres ved at se på interface feedback kontrol og NFB træningseffekt.

5.1 Interface Feedback Kontrol

Som beskrevet i BilagC side 45, kan vi se at der sker en feedback effekt. Vi kan umiddelbart ikke se nogen sammenhæng mellem de første baselines og NFB træningerne med hensyn UA amplituden. Feedbacken har ikke indikeret nogen form for kontrol set over alle 4 uger. Derimod hvis vi kun kigger på den første uge, så kan vi se at både Ibrahim (se figurC.5) og Anders (se figurC.1) opnåede en form for kontrol, hvorimod i de resterende uger, altså uge 2, uge 3 og uge 4, er kontrollen og power rimelig faldende. Umiddelbart er det svært at bevise en sammenhæng, da der kun er tre forsøgspersoner. Vi har derfor også lavet et samlet plot over alle 3 deltagere pr. uge, for at sammenligne vores resultater med andre forsøg. Hvis vi kigger på [Jensen, 2012], hvor forsøgene foregik over

en uge, så kan vi se, at den gennemsnitlige udvikling for os alle 3 igennem den første uge (figurC.13) har samme udviklingstræk, som i [Jensen, 2012], hvor regressionslinjen afspejler en stigende tendens. Det fremgår også i [Jensen, 2012],



Figur 5.1: Samlet plot over NFT for 3 forsøgspersoner over uge 1. X-aksen angiver dage og y-aksen angiver den normaliseret UA amplituden i forhold til den første baseline.

at 1/3 af forsøgspersonerne, som var med til forsøgene, ikke havde mulighed for at kontrollere deres UA amplitude, og derved ikke fik nogen effekt af denne NFT. Dette kan være en god forklaring på Michael's udvikling, som har ligget rimelig jævnt omkring 1 over alle 4 uger.

Hvis vi kigger på Tabel 3.1, så kan vi se, at specielt på de 2 første uger, er onsdag og torsdag rimelig effektiv, hvad angår at opnå en høj power, og det er der hvor hhv. fysik og rejser, har været i tankerne.

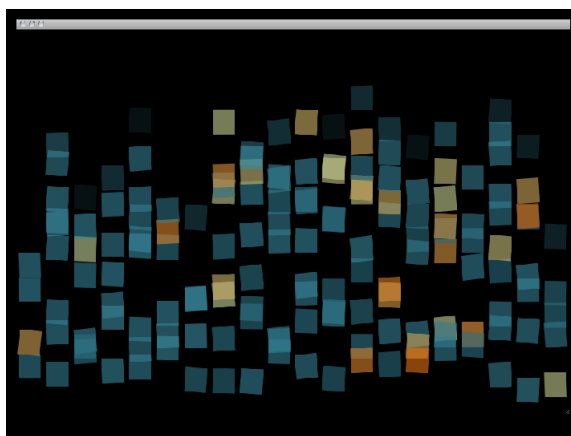
Dag	Onsdag	Torsdag
Tanker	Fysik	Rejser

Tabel 5.1: Denne tabel er et udsnit fra tabel 3.1. Tabellen viser, at om onsdagen blev der tænkt på Fysik, og om Torsdagen blev der tænkt på rejser.

Dette indikerer muligvis, at emner så som fysik og rejser, har været mere billedskabende, og at den enkelte kunne danne flere relationer, og på den måde opnå en bedre kontrol.

En anden mulig faktor som kunne have haft indflydelse på vores resultater, er mind-wandering. Idét vi sidder over en længere periode, og ser på en firkant, som skifter farve, kan der hurtigt opstå mind-wandering, som gør, at vi mister kontrollen over interfacet, da vores tanker kan være svære at styre, da det er svært at holde koncentrationen.

Baseret på vores erfaringer kunne man muligvis have opnået en bedre kontrol, hvis man kunne visualisere amplituden, så den vises over en længere periode, så man har noget, man kan forholde sig til. Dette er vist i [Ivanova, 2012], hvor undersøgelser havde vist, at det var lettere af opnå en kontrol over et interface med flere informationer.



Figur 5.2: Overstående figur viser et interface, som har det samme formål, som det interface vi bruger, nemlig til brug af NFB træning. Dette interface er en del mere informativt ift. vores eget interface[Ivanova, 2012].

Når det er sagt, skal man stadig huske på, at selv om der er flere informationer på interfacet, så er koncentrationen stadig en væsentlig faktor, som spiller ind. Derfor kan et mere underholdende interface også være en fordel.

5.2 Conceptual Span Task

Analysen af Conceptual Span Task har vist en signifikant forbedring for både Anders (se Figur 4.8) og Ibrahim (se Figur 4.9), tilsvarende forsøg er også blevet udført af [Vernon et al., 2003], hvor de også udførte en conceptual span task over en periode på 4 uger, dog havde de kun 2 sessioner om ugen, hvor hver session bestod af 5 tests, som varede 3 minutter hver, hvor der også viste sig, at

være en signifikant forbedring. Til gengæld indikerede vores statistiske resultater ikke nogen signifikant forbedring for Michael. Dette kunne muligvis skyldes, at Michael heller ikke havde nogen effekt i sin NFT. Allerede ved den første test lå Michael på 1.81, hvilket er tæt på hans middelværdi, som er 1.87 med en varians på 0.038 (4.10), hvilket viser, at han ikke har forbedret sig i sin Conceptual span task, dog havde han heller ikke meget plads til forbedring, da det maksimale man kan opnå i testen er 3. Anders og Ibrahim derimod startede nede på hhv. 1.33, og 1.29, og havde derfor mere plads til forbedring. Man kan sige, at den minimale forbedring som Michael oplevede, skyldtes den naturlige forbedring man oplever ved, at man igen og igen udfører det samme arbejde, eller at lave den samme type opgave over en længere periode.

Yderligere har vi set på testen i sig selv. Testen kan være simpel at forstå, men kan være svær at udføre. Det er ikke altid nemt at kategorisere ordene, da de kan ligge tæt op ad hinanden, så som frugt og grøntsager. Desuden vil testen være nemmere for nogen end for andre, idét man ikke kan undgå at starte testen med et allerede eksisterende forhold til nogle af ordene, som indgår under hver kategori, altså nogle ord vil for nogen personer være nemmere at huske end for andre. Ord som i daglig tale bliver brugt mere jævnlige, vil ofte være nemmere at huske. Dette medfører også at hvis testen udføres over en længere periode, at disse ord netop vil sætte sig i ens hukommelse, hvilket naturligt vil gøre, at testen føles nemmere over tid. Desuden kan ens mentale tilstand have en effekt på resultaterne af testen, så som træthed, stresset, uoplagt, sulten osv.

Hvis vi ser på [Ivanova, 2012], har de som kognitiv test brugt en mental rotation test. I denne test består opgaven i, at vælge det objekt som roteret passer med det givne objekt. Testen var baseret på antal korrekte svar og besvarelses tid.

Vi har som sagt brugt en Conceptual span task, som træner nogle lidt andre kognitive aspekter end en Mental rotation test. I en Mental rotation test handler det mere om, at have en rummelig fornemmelse af punkter som man forskyder. Hvorimod i en Conceptual span task handler det i høj grad om at huske samt associere ord under kategorier (semantik processing). Hvis vi havde tid ville det selvfølgelig være optimalt at teste så mange kognitive aspekter som muligt.

5.3 NFB Træningseffekt

Formålet med alle disse eksperimenter er netop, om der overhovedet er nogen form for træningseffekt i sidste ende. Udfra resultaterne kan vi se, at vi alle 3, samlet set, har haft en nedadgående tendens i vores NFT over alle 4 uger (se

figurC.7). Hvis man derimod kigger på en uge ad gangen, har både Ibrahim (se figurC.5) og Anders (se figurC.1) haft en stigning i NFT'en, og de 3 efterfølgende uger har mere eller mindre haft en nedadgående tendens. Dette kan muligvis være trætheden og koncentrationen, som spiller ind, da interfacet, som vi bruger til NFT, ikke er særlig underholdende, og på længere sigt (efter en uge) er det svært at holde koncentrationen. Vi kan dog ikke sige, at vores NFT er skyld i den stigende regressionslinje i vores kognitive test over de 4 uger, da vores NFT er faldende, og vores Conceptual Span Task er stigende. Dette er specielt tydeligt i Ibrahim's og Anders' forsøg.

Vi har allerede diskuteret, om det var muligt at opnå en kontrol over vores UA amplitude, det næste spørgsmål er så, om det har haft nogen effekt. Hvis vi kigger på vores baseline, så kan vi se, med hjælp fra vores beregninger (se tabel C.8), at over alle 4 uger er der ikke sket nogen forbedring, tværtimod er der sket en forringelse for os alle 3. Hvis vi igen her ser på den første uges træning med hensyn til vores baseline, så kan vi se en forbedring både for Anders og Ibrahim, dog er denne forbedring ikke signifikant, hvilket stemmer overens med de samme forsøgsresultater, som er vist i [Jensen, 2012]. Michael's baseline-udvikling over den første uge er faldende, hvilket igen kan have sammenhæng med den manglende effekt fra NFT. Hvorfor der ikke er nogen signifikant forbedring i Anders' og Ibrahim's baseline, er svært at sige, da man kun har en lille viden omkring, hvad der påvirker ens baseline. Man ved dog, at mennesker som er udmattet fra fysisk aktivitet, har en tendens til at have en højere baseline, end hvis de var afslappet. Vi kan dog ikke drage nogen sammenhæng mellem dette i vores undersøgelse.

Ud fra vores IAF plots samt beregninger, kan der umiddelbart ikke observeres nogen ændring i alpha peak, hvilket betyder, at der ikke er sket noget markant skift i vores default state både for den første uge og over alle fire uger (se afsnit 4.2). Hvis vi sammenligner vores resultater med [Ivanova, 2012], ses det også at træningen ikke har medført noget skift i default state over den første uge.

5.4 Forbedringer til fremtidigt arbejde

Vi mener generelt, at vi har fået et fornuftigt signal ind, men man kunne overveje at ændre på reference kanalerne for at få et mere robust signal. Istedet for at have referencekanalerne siddende tæt på bagehovedet kunne de rykkes op foran, hvor man derved kunne have brugt de to ekstra kanaler til målingen af alpha, dette ville kunne forbedre kvaliteten af den målte alpha frekvens.

Hvis vi kigger på interfacet, kan vi dele det op i tre dele.

Den første del er tidsvinduet, hvor man har mulighed for at eksperimentere med længden af tidsvinduet, for at se om det har nogen indflydelse på kontrollen.

Den anden del består af det grafiske, hvor man kunne prøve at udvikle et interface, som er mere informativt, så man kan bevare koncentrationen over en længere periode. Man kunne eventuelt tilføje mere information på interfacet, så man kan se sin fremgang bedre, altså en form for tidslinje.

Den tredje del er selve interaktionen, hvor man fx kunne konstruere et gaming interface, så brugeren ikke oplever at man styrer et NFB interface, men istedet spiller et spil. Dette kunne hjælpe til at holde brugerens koncentration og motivation ved lige.

Selve udførelsen af forsøget kunne forbedres med henblik på at bibeholde sin koncentration. Man kunne fx inkludere faste pauser ind imellem testene, da man kan have tendens til at have den tankegang, hvor man "bare" vil have overstået NFT sessionerne, frem for at få dem klaret så godt som muligt.

Det ville være mere optimalt hvis man havde flere forsøgspersoner, som laver tilsvarende forsøg over en længere periode, da det kan være svært at sige noget om forsøget, idét vi kun var 3 forsøgspersoner. Desuden kunne tilføjelsen af en kontrol-gruppe hjælpe til med at verificere forsøgene. Man kunne også foretage forsøg med forskellige aldersgrupper, da man fx ved at IAF varierer i forhold til alder. Derudover kunne man teste det på forskellige persontyper. Vi har testet interfacet på sunde og raske personer, men det ville være interessant at se, hvordan NFT påvirker personer med forskellige mentale sygdomme. Efterfølgende kunne man muligvis bringe forsøget ud i mere naturlige omgivelser, hvor rigtige brugere kommer til at befinde sig.

Der er selvfølgelig også mulighed for forbedring af den kognitive test, altså Conceptual Span Task. Det som kunne være forstyrrende ved denne test var, at nogle ord kunne ligge meget tæt op ad hinanden mht. kategori, som fx peberfrugt, hvor man kan snydes til at tro, at denne grøntsag er en frugt. En fremtidig forbedring kunne være at alle kategorierne skulle ligge så langt fra hinanden som muligt, fx have kategorier som madvarer, levende væsener, køretøjer, lande og tøj. Ved at have sådan en klar opdeling af kategorierne, vil resultatet mere afspejle ens hukommelse frem for, at man laver kategoriserings fejl.

KAPITEL 6

Konklusion

I denne afhandling havde vi som formål, at undersøge de grundlæggende elementer som ligger i NFB, herunder se udviklingen over 4 ugers neruofeedback træning samt at forstå de kognitive aspekter.

Vi kan konkludere, at vi opnåede en form for kontrol den første uge, hvorimod uge 2, uge 3 og uge 4 var faldende. Hvorfor udviklingen var faldende, er svært at sige, men et godt bud som er baseret på vores egen erfaringer, så er det koncentrationen som svigter på grund af et ret så kedeligt interface.

Umiddelbart er der ingen sammenhæng mellem vores NFT og Conceptual span task over alle 4 uger. Hvis vi kigger på NFT individuelt, så havde Anders og Ibrahim en effekt fra NFT, dog ikke en positiv effekt, over alle 4 uger. Om dette var anledningen til den signifikante stigning i deres conceptual span task er endnu uvist. Michael havde dog en minimal effekt fra NFT over alle 4 uger og en minimal stigende effekt af conceptual span task, men denne stigning kunne ikke bekræftes som signifikant.

For at se om træningen har haft en effekt, så har vi kigget på, hvordan vores baseline har udviklet sig. Vi kan konkludere, at over alle 4 uger har vi haft en forringelse. Hvis vi kigger på første uge, så har både Ibrahim og Anders haft en forbedring i deres udvikling, hvorimod Michael's udvikling er faldende.

Til sidst har vi set på vores IAF, og kan ikke konkludere noget skift i vores amplitude peak i det øvre alpha frekvensspectrum, hverken over den først uge eller alle 4 uger.

Hvis vi ser det som en helhed, kan vi konkludere, at vi er kommet et skridt videre i forskningen. Vi har rejst spørgsmål til tidligere studier, om hvorvidt det overhovedet er muligt at konkludere noget ud fra kun en enkelt uges NFT. Vi har bidraget med viden igennem deduktive forsøg til den videre forskning af neurovidenskaben. Vi har bekræftet allerede eksisterende viden og samtidigt udvidet viden omkring vigtigheden af neurofeedback interfacet.

BILAG A

Neurofeedback Training Schedule

OBS:

- Forsøget skal helst laves i et mørk, lyddæmpet rum.
- Sluk alle stikkontakter og lys, da disse sende 50 Hz signal ud.
- Undgå at lave fysisk aktivitet (som for pulsen til at stige eller får dig til at svede) i 20 min inden forsøget starter.
- Undgå at blinke, synke, spænde i kæben eller andre muskler, forsøg at sid helt stille.
- Kig altid på feedbacket og ikke på skærm baggrunden eller omgivelserne, da eks sort/mørke automatisk vil øge ens alpha frekvenser.

Træning uge _____

Mandag:

- Baseline (B1)
- Conceptual span task (C)
- Træning (T1)
- Træning (T2)
- Træning (T3)
- Træning (T4)
- Træning (T5)
- Baseline (B2)

Strategi (hvad fungerede godt/ ikke?):

Øvrige kommentarer (træt, drukket kaffe osv.):

Tirsdag:

- Baseline (B1)
- Træning (T1)
- Træning (T2)
- Træning (T3)
- Træning (T4)
- Træning (T5)
- Baseline (B2)

Strategi (hvad fungerede godt/ ikke?):

Øvrige kommentarer (træt, drukket kaffe osv.):

Onsdag:

- Baseline (B1)
- Conceptual span task (C)
- Træning (T1)
- Træning (T2)
- Træning (T3)
- Træning (T4)
- Træning (T5)
- Baseline (B2)

Strategi (hvad fungerede godt/ ikke?):

Øvrige kommentarer (træt, drukket kaffe osv.):

Torsdag:

- Baseline (B1)
- Træning (T1)

-
- Træning (T2)
 - Træning (T3)
 - Træning (T4)
 - Træning (T5)
 - Baseline (B2)

Strategi (hvad fungerede godt/ ikke?):

Øvrige kommentarer (træt, drukket kaffe osv.):

Fredag:

- Baseline (B1)
- Conceptual span task (C)
- Træning (T1)
- Træning (T2)
- Træning (T3)
- Træning (T4)
- Træning (T5)
- Baseline (B2)

Strategi (hvad fungerede godt/ ikke?):

Øvrige kommentarer (træt, drukket kaffe osv.):

BILAG B

Conceptual Span test - Kategorier

De syv kategorier som hver indeholder 9 ord (fra Snodgrass og VanderWart, 1980)

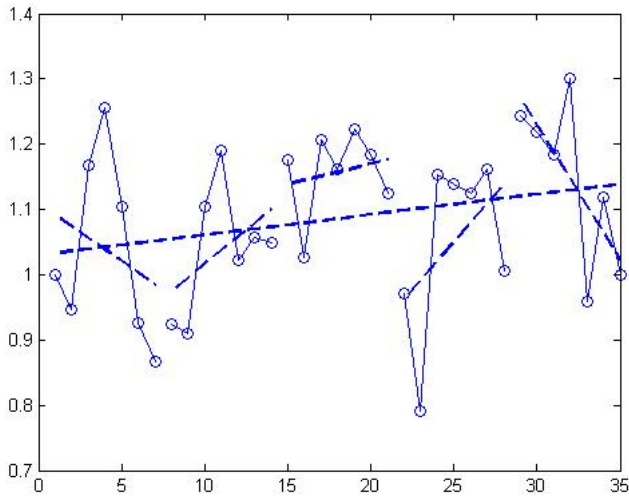
Frugt	Dyr	Elektro. ting	Transportmidler	Tøj	Grønsager	Instrumen
pære	tiger	lampe	vogn	hat	asparges	violin
æble	elefant	telefon	cykel	jakke	gulerod	guitar
vindrue	ged	pladeafspiller	helicopter	vante	majs	horn
banan	hjort	fjernsyn	bus	kjole	salat	trumpe
citron	svane	computer	lastbil	sok	svamp	klaver
kirsebær	kanin	strygejern	fly	frakke	løg	harpe
jordbær	gorilla	brødrister	motorcykel	handske	peberfrugt	harmonil
fersken	gris	køleskab	tog	sweater	kartoffel	fløjte
appelsin	ørn	elkedel	sejlbåd	vest	græskar	tromme

Table B.1: Overstående tabel viser de kategorier samt navneord, som vi har anvendt i forbindelse med vores Conceptual span task.

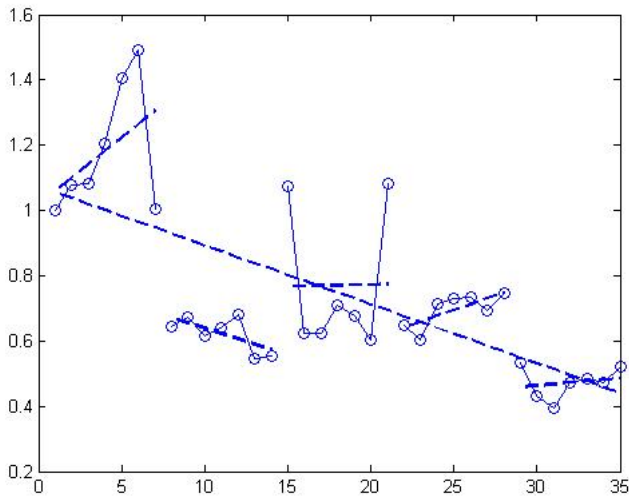
BILAG C

Grafer og beregninger for NFB træning

C.1 Anders - NFB træning



Figur C.1: Anders plot: Anders uge 1



Figur C.2: Anders plot: Anders uge 2

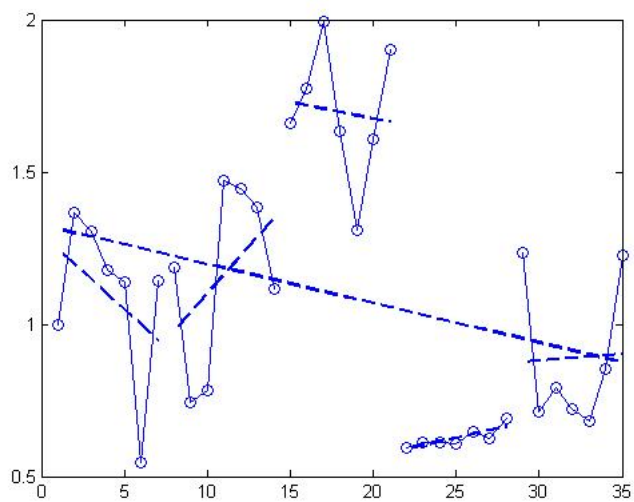


Figure C.3: Anders plot: Anders uge 3

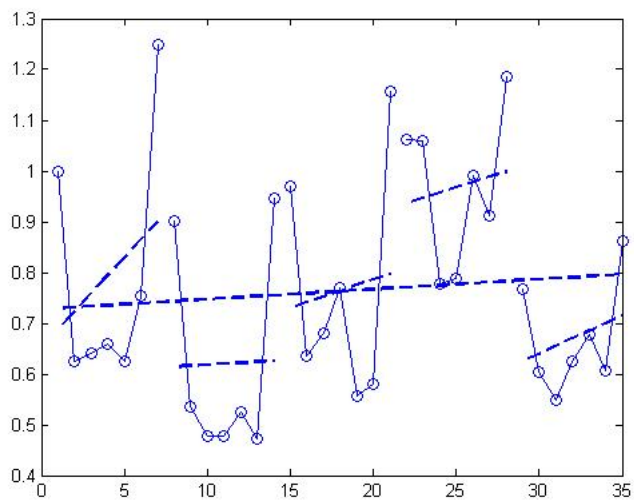
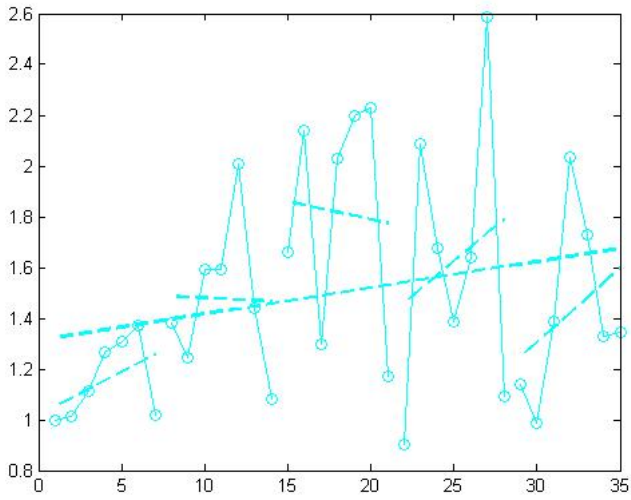
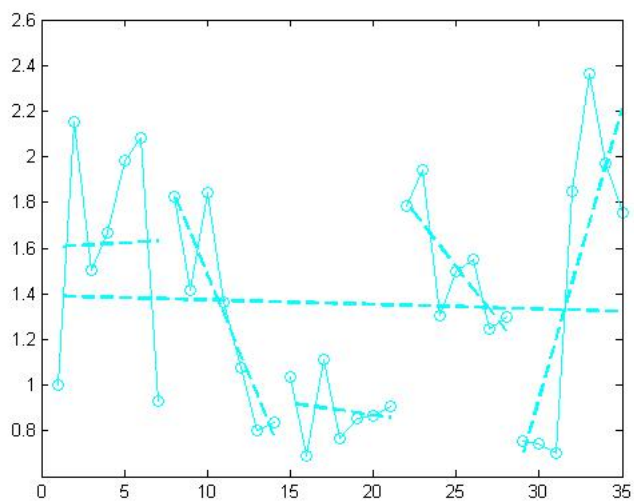


Figure C.4: Anders plot: Anders uge 4

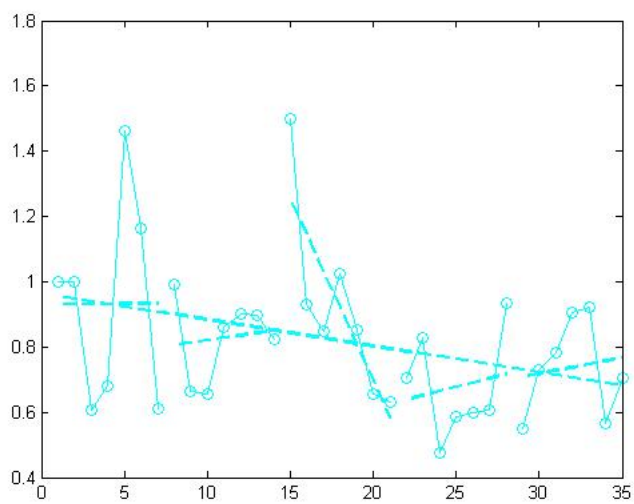
C.2 Ibrahim - NFB træning



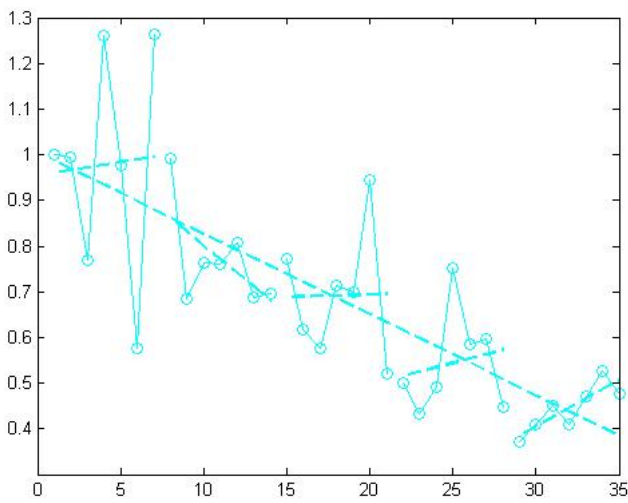
Figur C.5: Ibrahim plot:Ibrahim uge 1



Figur C.6: Ibrahim plot: Ibrahim uge 2

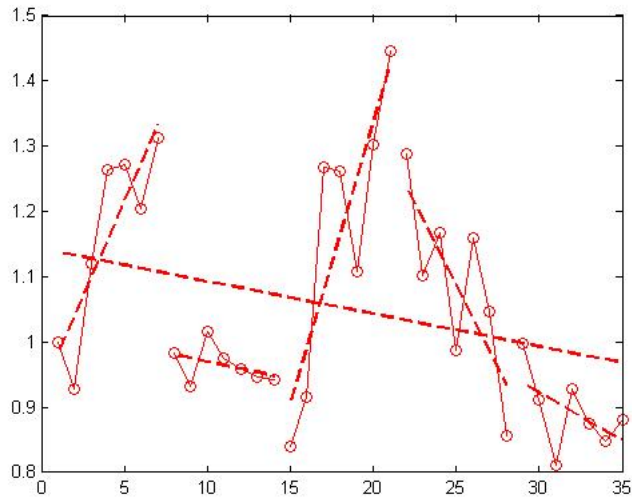


Figur C.7: Ibrahim plot: Ibrahim uge 3

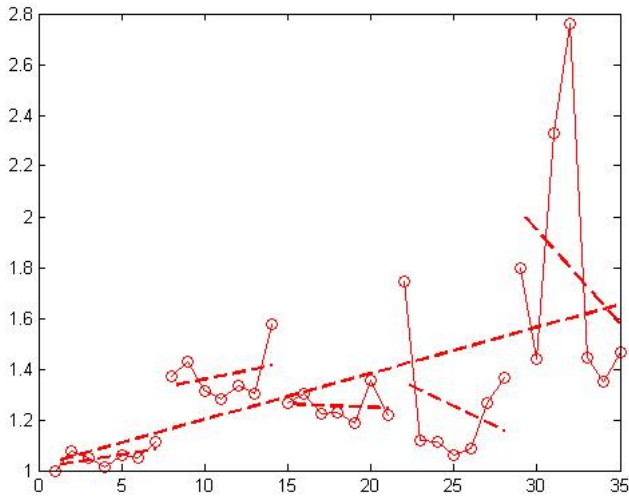


Figur C.8: Ibrahim plot:Ibrahim uge 4

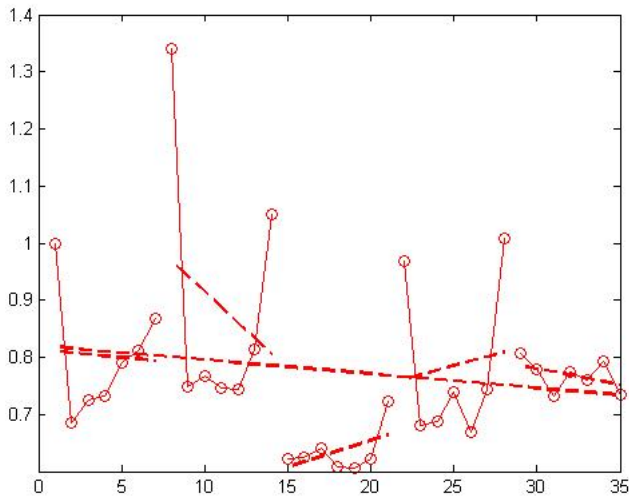
C.3 Michael - NFB træning



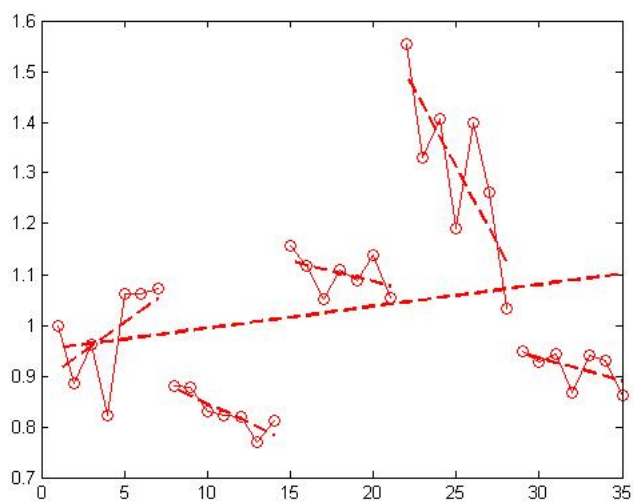
Figur C.9: Michael plot:Michael uge 1



Figur C.10: Michael plot: Michael uge 2

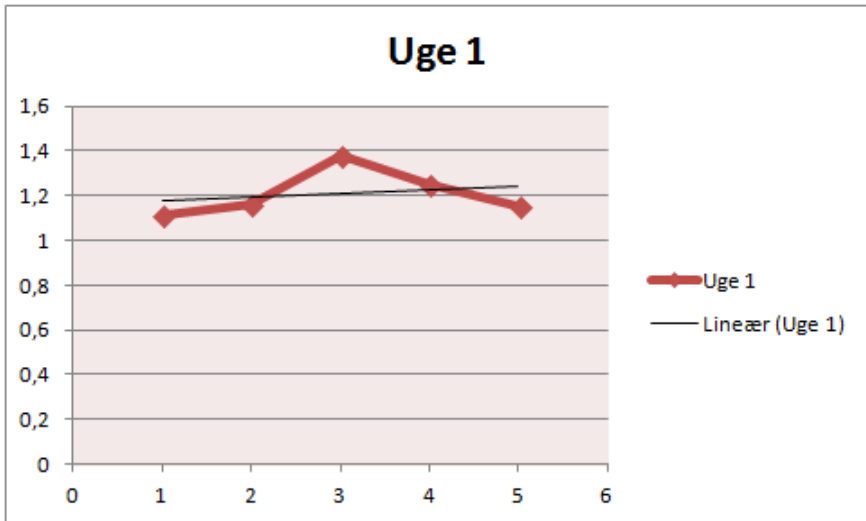


Figur C.11: Michael plot: Michael uge 3

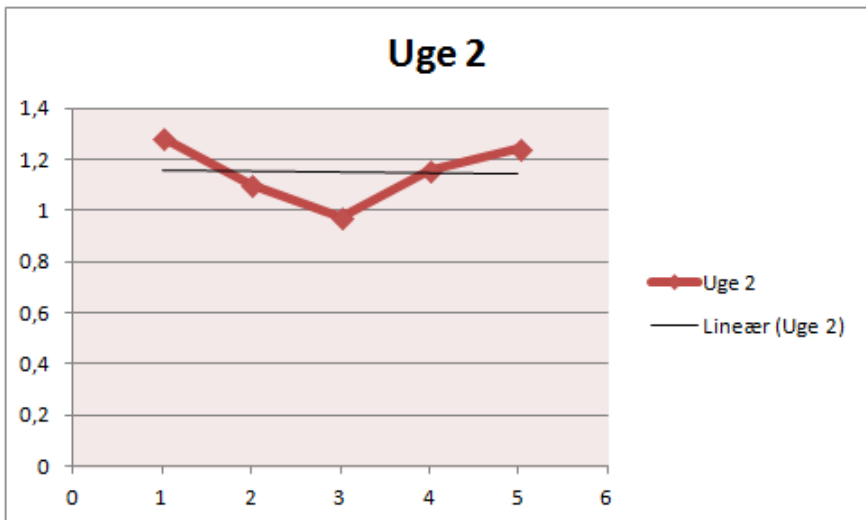


Figur C.12: Michael plot:Michael uge 4

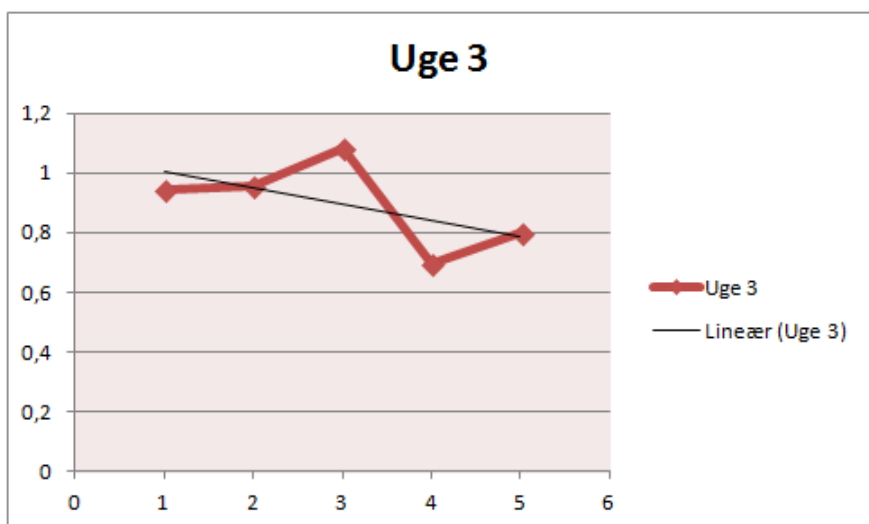
C.4 Samlet plot over 3 forsøgspersoner - NFB træning



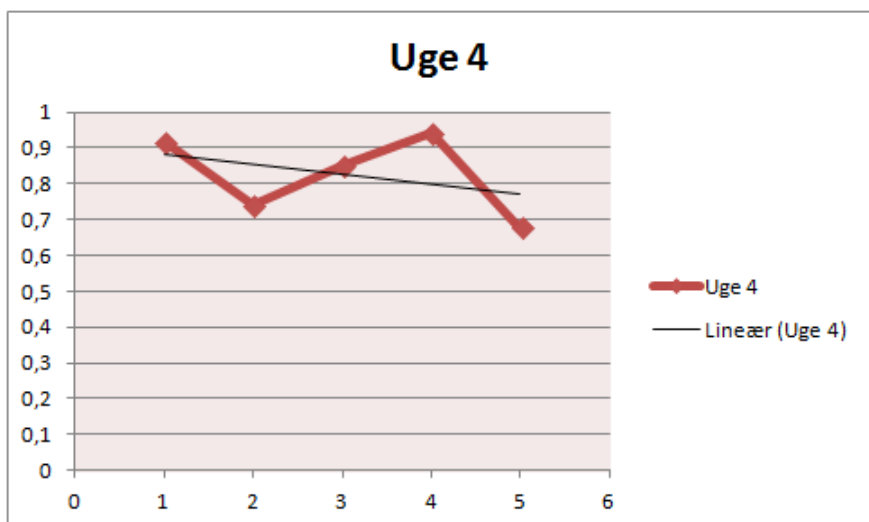
Figur C.13: Samlet plot: Uge 1



Figur C.14: Samlet plot: Uge 2



Figur C.15: Samlet plot: Uge 3



Figur C.16: Samlet plot: Uge 4

C.4.1 Paired t test for enkelt uge

Her ses paired t test for uge 1 for hver af de tre forsøgspersoner.

Anders	Mandag	Fredag
Middelværdi	0,933704162	1,121184301
Varians	0,008790276	0,02949155
Observationer	2	2
Pearson-korrelation	1	•
Hypotese for forskel i middelværdi	0	•
fg	1	•
t-stat	-3,400300489	•
P($T \leq t$) en-halet	0,091045387	•
t-kritisk en-halet	6,313751514	•
P($T \leq t$) to-halet	0,182090774	•
t-kritisk to-halet	12,70620473	•

Tabel C.1: Denne paired t-test over uge 1 for Anders viser at der ikke er sket nogen signifikant forbedring af baseline idét ($t(1) = 12.706, p = 0.1821, \alpha = 0.05$)

Ibrahim	Mandag	Fredag
Middelværdi	1,009223837	1,242956515
Varians	0,000170158	0,021330681
Observationer	2	2
Pearson-korrelation	1	•
Hypotese for forskel i middelværdi	0	•
fg	1	•
t-stat	-2,485214494	•
P($T \leq t$) en-halet	0,121771422	•
t-kritisk en-halet	6,313751514	•
P($T \leq t$) to-halet	0,243542844	•
t-kritisk to-halet	12,70620473	•

Table C.2: Denne paired t-test over uge 1 for Ibrahim viser at der ikke er sket nogen signifikant forbedring af baseline idét ($t(1) = 12.706, p = 0.2435, \alpha = 0.05$)

Michael	Mandag	Fredag
Middelværdi	1,15602228	0,939030993
Varians	0,048685904	0,006665019
Observationer	2	2
Pearson-korrelation	-1	•
Hypotese for forskel i middelværdi	0	•
fg	1	•
t-stat	1,015163096	•
P($T \leq t$) en-halet	0,247604922	•
t-kritisk en-halet	6,313751514	•
P($T \leq t$) to-halet	0,495209844	•
t-kritisk to-halet	12,70620473	•

Table C.3: Denne paired t-test over uge 1 for Michael viser at der ikke er sket nogen signifikant forbedring af baseline idét ($t(1) = 12.706, p = 0.4952, \alpha = 0.05$)

C.4.2 Statistiske beregninger for NFT

Her ses alle de beregninger for vores baselines over de 4 uger.

	baseline uge 1	baseline uge 4
Middelværdi	0,933704162	0,815355408
Varians	0,008790276	0,004499269
Observationer	2	2
Pearson-korrelation	-1	•
Hypotese for forskel i middelværdi	0	•
fg	1	•
t-stat	1,040646804	•
P($T \leq t$) en-halet	0,243660555	•
t-kritisk en-halet	6,313751514	•
P($T \leq t$) to-halet	0,487321109	•
t-kritisk to-halet	12,70620473	•

Tabel C.4: Denne paired t-test over alle 4 uger for Anders viser at der ikke er sket nogen signifikant forbedring af baseline idét ($t(1) = 12.706$, $p = 0,487$, $\alpha = 0.05$)

Derudover har vi grupperet vores data, så man kan se på den samlede udvikling af baseline i vores tests over en periode på 4 uger, for netop at kunne vurdere om der er sket en signifikant forbedring eller ej.

	baseline uge 1	baseline uge 4
Middelværdi	1,009223837	0,424486369
Varians	0,000170158	0,005525491
Observationer	2	2
Pearson-korrelation	1	•
Hypotese for forskel i middelværdi	0	•
fg	1	•
t-stat	13,49249209	•
P($T \leq t$) en-halet	0,023548575	•
t-kritisk en-halet	6,313751514	•
P($T \leq t$) to-halet	0,047097151	•
t-kritisk to-halet	12,70620473	•

Tabel C.5: Denne paired t-test over alle 4 uger for Ibrahim viser at der er sket en signifikant forbedring af baseline idét ($t(1) = 12.706, p = 0.047, \alpha = 0.05$)

	baseline uge 1	baseline uge 4
Middelværdi	1,15602228	0,905913639
Varians	0,048685904	0,003705043
Observationer	2	2
Pearson-korrelation	-1	•
Hypotese for forskel i middelværdi	0	•
fg	1	•
t-stat	1,256428271	•
P($T \leq t$) en-halet	0,2139807	•
t-kritisk en-halet	6,313751514	•
P($T \leq t$) to-halet	0,4279614	•
t-kritisk to-halet	12,70620473	•

Tabel C.6: Denne paired t-test over alle 4 uger for Michael viser at der ikke er sket nogen signifikant forbedring af baseline idét ($t(1) = 12.706, p = 0.42796, \alpha = 0.05$)

•	•	•
Middelværdi	1,0329835	0,715252
Varians	0,002175823	0,000720759
Observationer	2	2
Pearson-korrelation	1	•
Hypotese for forskel i middelværdi	0	•
• fg	1	•
t-stat	22,69537733	•
P($T \leq t$) en-halet	0,014016252	•
• t-kritisk en-halet	6,313751514	•
P($T \leq t$) to-halet	0,028032504	•
t-kritisk to-halet	12,70620473	•

Tabel C.7: Denne paired t-test over alle 4 uger for vores samlet data viser at der er sket en signifikant forringelse af baseline idét ($t(1) = 12.706, p = 0.028, \alpha = 0.05$)

	Uge 1	Startværdi
Middelværdi	1,212517015	1,116782
Varians	0,011225383	0
Observationer	5	5
Hypotese for forskel i middelværdi	0	•
fg	4	•
t-stat	2,020483104	•
P($T \leq t$) en-halet	0,056717647	•
t-kritisk en-halet	2,131846782	•
P($T \leq t$) to-halet	0,113435293	•
t-kritisk to-halet	2,776445105	•

Tabel C.8: Denne two tailed t-test over den første uge for alle 3 forsøgspersoner samlet viser at der ikke er sket nogen signifikant forbedring af NFT idét ($t(5) = 2.776, p = 0.1134, \alpha = 0.05$)

C.4.3 Statistiske beregninger for Conceptual Span Task

	Anders Data	Startværdi
Middelværdi	1,996031746	1,333333333
Varians	0,132120525	0
Observationer	12	12
Hypotese for forskel i middelværdi	0	•
fg	11	•
t-stat	6,315698771	•
P(T<=t) en-halet	2,85552E-05	•
t-kritisk en-halet	1,795884814	•
P(T<=t) to-halet	5,71103E-05	•
t-kritisk to-halet	2,200985159	•

Tabel C.9: Denne two-tailed t-test for Anders viser at der er en signifikant forbedring idét ($t(11) = 2.20, p = 0.000057, \alpha = 0.05$)

	Ibrahim Data	Startværdi
Middelværdi	1,936507937	1,285714286
Varians	0,206280492	5,3786E-32
Observationer	12	12
Hypotese for forskel i middelværdi	0	•
fg	11	•
t-stat	4,963692292	•
P(T<=t) en-halet	0,000213145	•
t-kritisk en-halet	1,795884814	•
P(T<=t) to-halet	0,00042629	•
t-kritisk to-halet	2,200985159	•

Tabel C.10: Denne two-tailed t-test for Ibrahim viser at der er en signifikant forbedring idét ($t(11) = 2.20, p = 0,00042, \alpha = 0.05$)

	Michael data	Startværdi
Middelværdi	1,865079365	1,80952381
Varians	0,037861609	2,15144E-31
Observationer	12	12
Hypotese for forskel i middelværdi	0	•
fg	11	•
t-stat	0,989050765	•
P(T<=t) en-halet	0,171947637	•
t-kritisk en-halet	1,795884814	•
P(T<=t) to-halet	0,343895273	•
t-kritisk to-halet	2,200985159	•

Tabel C.11: Denne two-tailed t-test for Michael viser at der ikke er en signifikant forbedring idét ($t(11) = 2.20, p = 0.34, \alpha = 0.05$)

C.4.4 IAF

Her ses tabellen for hver af forsøgspersonernes IAF over alle sessions for alle 4 uger.

Uge 1	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
Anders	9,164189278	9,191034212	9,093721327	8,563533884	8,892384323
Ibrahim	9,508244932	8,308507013	8,90580679	9,160833661	9,395726832
Michael	8,150793027	8,229482406	8,144081793	8,265317358	10,26818718
Middelværdi	8,941075746	8,57634121	8,714536637	8,663228301	9,518766112
Varians	0,498003655	0,284946837	0,252892015	0,207941595	0,484562374

Tabel C.12: Denne tabel viser ændringerne i IAF for hver af forsøgspersoner over uge 1.

Uge 2	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
Anders	8,00169169	9,041341838	8,33199633	9,231301612	9,399082449
Ibrahim	8,794201072	8,927344713	10,33894111	8,561076007	8,500222846
Michael	10,93259929	10,01316031	8,509844016	8,244750295	8,538927494
Middelværdi	9,242830684	9,327282287	9,060260484	8,679042638	8,812744263
Varians	2,298506241	0,356070333	1,234175549	0,25375797	0,258218863

Table C.13: Denne tabel viser ændringerne i IAF for hver af forsøgspersoner over uge 2.

Uge 3	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
Anders	8,939362957	8,73131472	8,000840778	9,821890156	9,006475292
Ibrahim	8,919229257	9,474600871	9,368881898	10,04199641	9,893930651
Michael	8,603801285	8,220461664	10,34536637	8,402904858	8,322199774
Middelværdi	8,820797833	8,808792418	9,238363014	9,422263809	9,074201906
Varians	0,035416968	0,397718383	1,386976442	0,791431194	0,621024658

Table C.14: Denne tabel viser ændringerne i IAF for hver af forsøgspersoner over uge 3.

Uge 4	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
Anders	8,613868135	8,93600734	8,976605879	8,935314359	9,097076943
Ibrahim	8,466442953	9,412357075	8,962852274	9,355459431	9,791689605
Michael	8,714536637	9,417689644	8,322199774	8,265317358	8,989932886
Middelværdi	8,598282575	9,255351353	8,753885976	8,852030383	9,292899812
Varians	0,015569801	0,076492558	0,139812023	0,3023046	0,189463406

Table C.15: Denne tabel viser ændringerne i IAF for hver af forsøgspersoner over uge 4.

BILAG D

Dropbox filer

D.1 MatLab scripts

Link til vores dropbox med de MatLab scripts brugt til frembringe grafer til vores resultat afsnit.

https://www.dropbox.com/sh/th2e62fdoqprqup/Cm30rAKVG_

D.2 Interface Video

Dette er en video som illustrerer vores interface mens det kører.

https://www.dropbox.com/s/0brsdbl56ezf72/GUI_first_iteration.mov

Litteratur

- [Foster, 2003] Foster, D. S. (2003). EEG and Subjective Correlates of Alpha-Frequency Binaural-Beat Stimulation Combined with Alpha Biofeedback. (1):1–34.
- [Ivanova, 2012] Ivanova, M. G. (2012). *Controlling brainwaves for mobile neurofeedback*. PhD thesis.
- [Jensen, 2012] Jensen, C. F. (2012). *Cognitive modeling and interface design for neurofeedback interaction*. PhD thesis.
- [Klimesch, 2012] Klimesch, W. (2012). Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. *Trends in cognitive sciences*, 16(12):606–17.
- [Srinivasan, 2006] Srinivasan, P. L. N. R. (2006). *The Physics–EEG Interface*. Oxford University Press.
- [Stopczynski et al.,] Stopczynski, A., Stahlhut, C., Larsen, J. E., Petersen, M. K., and Hansen, L. K. The Smartphone Brain Scanner : A Mobile Real-time Neuroimaging System. pages 1–17.
- [Vernon et al., 2003] Vernon, D., Egner, T., Cooper, N., Compton, T., Neilands, C., Sheri, A., and Gruzelier, J. (2003). The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. *International Journal of Psychophysiology*, 47(1):75–85.