

### **TITEL**

Interaktion under bevægelse: Et komparativt studie af interaktionsteknikker til arbejde med komplekse data på håndholdte enheder.

### **EMNE**

Human Computer Interaction

### **PROJEKTGRUPPE**

d613a

### **PROJEKTGRUPPEMEDLEMMER**

Anders Fritz Pedersen  
Jan Hyldgaard Engrob

### **VEJLEDER**

Jan Stage

### **CENSOR**

Kasper Hornbæk

### **SEMESTER**

INF 8

### **PROJEKTPERIODE:**

Februar 08 – Juni 08

### **ANTAL KOPIER**

4

### **ANTAL SIDER**

60

### **SYNOPSIS**

Dette speciale omhandler anvendeligheden af interaktionsteknikker til arbejde i komplekse data på håndholdte enheder under fysisk bevægelse.

Motivationen til specialet kommer af de seneste års udvikling af håndholdte enheder, der har bevirket, at vi i dag har en lang række enheder, der hver især er med til at gøre livet lidt lettere - eller skulle være med til at gøre det. Et specifikt område hvor disse håndholdte enheder er forsøgt implementeret og anvendt, er indenfor sundhedsvæsenet, hvor udvalgte læger fra Regionshospitalet i Randers har fået mulighed for at anvende en PDA i deres daglige arbejde, således havde lægerne mulighed for elektronisk at tilgå deres forskellige opslagsværker. Disse mobile enheder giver blandt andet mulighed for at slå op i diverse medicintabeller, mens lægerne bevæger sig fra den ene patient til den anden. Dette har dog vist sig som en udfordrende opgave. Vi ønsker derfor igennem dette speciale at forsøge at give et overordnet svar på: *hvilken interaktionsteknik er mest anvendelig til arbejde med komplekse data under fysisk bevægelse.*

For at kunne give et bredt svar på denne problemstilling, har vi i dette speciale udført og beskrevet tre forskellige eksperimenter i tre forskningsartikler, som kort omhandler interaktionen omkring mindre og større tabeller samt effekten af længerevarende brug af nye interaktionsteknikker. Eksperimenterne tager udgangspunkt i tabeller, som er en delmængde af komplekse data.

Vores resultater viser, at Scrolling er mest anvendelig til mindre tabeller, mens det med større tabeller ikke fremstod hvilken interaktionsteknik der var mest anvendelig. Endvidere viser vores resultater, at en bruger ved længerevarende brug af en ny interaktionsteknik forbedrer sig væsentligt mere end ved brug af en allerede kendt interaktionsteknik.



## Forord

Dette speciale er udarbejdet af to informatikstuderende på Institut for Datalogi ved Aalborg Universitet i foråret 2008. Dele af specialet tager udgangspunkt i et litteraturstudie udført i efteråret 2007 (Engrob & Pedersen : 2008).

Vi vil gerne takke de mange testpersoner, der har medvirket til at gennemføre de forskellige eksperimenter i dette speciale. Desuden vil vi gerne takke Instituttet, der hurtigt indvilligede i at købe et løbebånd til deres nye brugervenlighedslaboratorium. Løbebåndet gav os mulighed for at simulere den fysiske bevægelse, som er et vigtigt aspekt af dette studie og den generelle brug af mobile apparater.

Denne rapport består af en overordnet specialerapport med indledning og motivation, gennemgang af de tre speciale artikler, forskningsmetode og specialets samlede konklusion. Specialets tre artikler findes som bilag sidst i denne rapport. Udvalgte dele af artiklernes indledning, relaterede arbejde og metode fremstår næsten identiske, da artiklerne tager udgangspunkt i den samme litteratur og eksperimentopsætning.

Implementeringen af de forskellige interaktionsteknikker kan afprøves på <http://www.andersfp.dk/Interaktion-under-bevaegelse/>

### Litteraturhenvisninger

Alle referencer i det overordnede speciale er formateret som følgende: (Furnas : 1986), og de uddybende informationer kan findes i litteraturlisten sidst i dette speciale. I forskningsartiklerne er referencerne nummeret fortløbende som [1].

God fornøjelse.

---

Anders Fritz Pedersen

---

Jan Hyldgaard Engrob



# Indholdsfortegnelse

<b>INDLEDNING</b> .....	<b>7</b>
FORSKNINGSSPØRGSMÅL 1 .....	9
FORSKNINGSSPØRGSMÅL 2 .....	9
FORSKNINGSSPØRGSMÅL 3 .....	10
<b>FORSKNINGSARTIKLERNE</b> .....	<b>11</b>
ARTIKEL 1: INTERAKTION UNDER BEVÆGELSE - ET KOMPARATIVT STUDIE AF TEKNIKKER TIL INTERAKTION I TABELLER PÅ HÅNDHOLDTE ENHEDER. ....	11
ARTIKEL 2: TABELSTØRRELSENS INDVIRKNINGER – ET KOMPARATIVT STUDIE AF TEKNIKKER TIL INTERAKTION I STØRRE TABELLER PÅ HÅNDHOLDTE ENHEDER. ....	12
ARTIKEL 3: ØVELSE GØR MESTER - ET STUDIE AF EFFEKTEN VED GENTAGEN BRUG AF TEKNIKKER TIL INTERAKTION PÅ HÅNDHOLDTE ENHEDER. ....	13
<b>FORSKNINGSMETODE</b> .....	<b>15</b>
BESKRIVELSE AF LABORATORIEEKSPERIMENTER.....	15
LABORATORIEEKSPERIMENTERNE I VORES STUDIE .....	15
BEGRÆNSNINGERNE VED VORES EKSPERIMENTER .....	17
<b>KONKLUSION</b> .....	<b>19</b>
FORSKNINGSSPØRGSMÅL 1: .....	19
FORSKNINGSSPØRGSMÅL 2: .....	19
FORSKNINGSSPØRGSMÅL 3: .....	20
OVERORDNEDE FORSKNINGSSPØRGSMÅL: .....	21
<b>LITTERATURLISTE</b> .....	<b>23</b>
<b>BILAG</b> .....	<b>27</b>
INTERAKTION UNDER BEVÆGELSE - ET KOMPARATIVT STUDIE AF INTERAKTIONSTEKNIKKER TIL ARBEJDE I TABELLER PÅ HÅNDHOLDTE ENHEDER. ....	29
TABELSTØRRELSENS INDVIRKNINGER - ET KOMPARATIVT STUDIE AF INTERAKTIONSTEKNIKKERS ANVENDELIGHED TIL ARBEJDE I STØRRE TABELLER PÅ HÅNDHOLDTE ENHEDER .....	39
ØVELSE GØR MESTER - ET STUDIE AF EFFEKTEN VED GENTAGEN BRUG AF TEKNIKKER TIL INTERAKTION PÅ HÅNDHOLDTE ENHEDER .....	49
SUMMARY .....	57



## Indledning

Udviklingen indenfor informations- og kommunikationsteknologi har gennem det seneste årti blandt andet bevirket, at der er blevet udviklet flere og flere produkter rettet specielt mod en mobil anvendelsessituation. Denne udvikling er selvfølgelig sket over en lang årrække, fra mere eller mindre ”slæbbare” computere og telefoner til i dag, hvor der er et stort udvalg af små håndholdte produkter. Samtidig har disse produkter en lang række funktionaliteter, som vi end ikke kunne drømme om for 10 år siden. De håndholdte enheder har tilføjet en lang række nye brugssituationer og anvendelsesområder til mange af de artefakter, vi kender fra vores dagligdag som eksempelvis telefon, kalender, stereoanlæg, vejkort, bøger og meget andet. Introduktionen af håndholdte enheder frembringer, ligesom enhver anden ny teknologi, også nye problematikker, som designerne af disse systemer må forholde sig til. Ifølge York og Pendharkars (York & Pendharkar :2004) gennemgang af forskningslitteratur på området findes der fire primære problematikker:

- **Den mobile brugssituation:** medfører ofte at brugeren fysisk bevæger sig rundt, og dermed ikke hele tiden har fokus på den håndholdte enhed. Derfor er det ikke altid anvendelsen af den håndholdte enhed, som er den primære opgave.
- **Interface arkitektur:** hænger sammen med, at den mobile brugssituation medvirker til at frembringe en kritisk problemstilling omhandlende input- og outputmulighederne. Begrænsningerne med de håndholdte enheder er derfor en kritisk del af interface arkitekturen.
- **Menneskelige karakteristika:** beskriver brugeren som menneske, herunder færdigheder indenfor informationsbearbejdning, interaktionsforståelse, kommunikation og fysisk og psykisk formåen.
- **Udviklingsprocessen:** det ultimative mål er at sikre at teknologien, herunder den håndholdte enhed, kan anvendes af brugeren, og at teknologien dermed ikke frembringer forhindringer hos brugeren.

De fire ovenstående punkter omkring håndholdte enheder er specielt problematiske, da den typiske håndholdte enhed er udstyret med en mindre skærm, hvortil begrænsede inputmuligheder ofte medfører en besværliggjort interaktion (Dunlop & Brewster : 2002). Dertil påvirkes interaktionen af mobiliteten, da håndholdte enheder ofte bliver anvendt i dynamiske og forstyrrende omgivelser (Dunlop & Brewster : 2002), hvor brugerens fysiske bevægelse skaber rystelser, der forplanter sig i enheden (Pirhonen et al : 2002). De mobile brugssituationer medfører derfor en række udfordringer omkring det at designe interaktionsteknikker; udfordringer hvor mere klassiske desktop-tilgange<sup>1</sup> ikke altid vil være lige anvendelige (Mackay et al : 2005a). Transformationen fra desktop til mobil enhed besværliggøres blandt andet af, at brugerens hænder ikke, som ved desktop applikationer, er placeret sikkert ved tastaturet og musen (York & Pendharkar :2004).

Et konkret område hvor førnævnte problematikker gør sig gældende, og som samtidig har motiveret dette speciale, er i en case med Regionshospitalet i Randers, hvor hospitalet har været involveret i et forskningsprojekt omhandlende udviklingen af en digitaliseret udgave af den faglitteratur og de opslagsværker, som specielt nyuddannede læger ofte bruger i deres daglige arbejde. Disse opslagsværker er her blevet implementeret på en håndholdt enhed. Lægerne har dermed mulighed for at lave forskellige opslag, tage notater mm., mens de bevæger sig fra patient til patient. (Kanstrup et al : 2007a, Kanstrup et al : 2007b, (Kanstrup et al : 2006) Forskningsprojektet har forsøgt at transformere de komplekse og store datamængder fra fysiske bøger til en applikation på en håndholdt enhed. Således er større tekststykker blev transformeret til mindre brudstykker med hyperlinks, hvor det er muligt at navigere frem og tilbage

---

<sup>1</sup> Litteratur om det at designe, implementere og evaluere applikationer til en almindelig PC.

mellem de forskellige tekster. Tabellerne, som vi definerer som en delmængde af komplekse data, er således blevet tilpasset den håndholdte enhed.

En brugervenlighedsevaluering påviste dog en række problemer med systemet, hvoraf flere af disse specifikt omhandlede anvendeligheden af systemet til opslag i diverse medicintabeller (Stage et al : 2007). En nærmere analyse af disse problemer viste, at problemerne som oftest udsprang af en besværet interaktion med de håndholdte enheder og i interaktionen med tabellerne. Dette kom eksempelvis til udtryk i brugervenlighedsrapporten ved udsagn som: *”Testdeltagere udtrykker at tabellen og pegepinden i tabellen er svær at styre”* og *”når testdeltagerne har navigeret i tabellen med pinden og den rigtige celle er fundet, kører billedet tilbage til udgangspositionen, når pinden løftes fra skærmen. Det fratager brugerens muligheder for at skrive det fundne ned”* (Stage et al : 2007). Dertil fremkom det, at *”tabellen er ikke anvendt, og de udtrykte generelt, at den var håbløs at bruge, og gav ikke det overblik de havde behov for, hertil var deres skema i papirform langt bedre. En enkelt testdeltager mente, at instrukserne ikke er dækkende nok, hvilket var en af grundene til, at denne ikke har anvendt PDA’en ret meget. En anden testdeltager gav udtryk for, at denne synes, at PDA’en var ”elendig som opslagsværktøj”, da skærmen er for lille og er specielt dårlig ved lange tekster.”* (Stage et al : 2007) og *”[n]ogle af testdeltagerne gav udtryk for, at de godt kunne forestille sig, at de kunne både læse skrive, når de var i bevægelse, f.eks. hvis de skulle slå noget op på vej hen til en patient. Andre gav udtryk for, at der kunne være så mange på gangene, at dette ville være en umulighed, da man hele tiden skal se sig for, for ikke at støde ind i andre, og endvidere vil det være svært at se de små skrift-typer, hvis man er i bevægelse”* (Stage et al : 2007). Således understøtter brugervenlighedsevalueringen og de tilhørende informationer fra testdeltagerne de fire problematikker omhandlende: den mobile brugssituation, interface arkitekturen og menneskelige karakteristika, og at udviklingen af det pågældende system ikke har resulteret i, at lægerne kan/vil anvende systemet.

Ovenstående case giver hermed motivationen for at studere interaktion med komplekse datamængder, og motivationen bliver yderligere bestyrket af, at der ikke er publiceret meget viden indenfor området. Noget af den viden der dog findes, er udarbejdet af Watters et al, som i flere artikler har fokus på tabeller og brugen heraf på håndholdte enheder (Watters et al : 2003, Watters et al : 2005). Watters et al stiller i (Watters et al : 2003) tre basale spørgsmål til tabeller og deres anvendelse på håndholdte enheder:

- Har skærmstørrelsen en effekt på præstationen af tabelopslag? Deres studie påviste at skærmens størrelse har indflydelse på anvendelsen af tabeller, jo større skærm desto bedre anvendelse.
- Giver søgefunktionalitet en forbedret præstation af tabelopslag? Deres studie påviste, at ved bestemte tabelopslag var søgefunktionaliteten medvirkende til en mere anvendelig interaktion.
- Giver inkluderingen af kontekstuel information<sup>2</sup> en forbedret præstation af tabelopslag? Deres studie påviste at de kontekstuelle informationer medvirker til en mere anvendelig interaktion med tabeller på små skærme.

Et andet studie af Watters et al (Watters et al : 2005) fokuserer på transformationen af store tabeller til en mindre mobil skærm. Artiklen beskriver to brugerstudier, der undersøger anvendeligheden af tre forskellige metoder til implementering af tabeller.

Det opsigtsvækkende er dog, at de ovenstående artikler ifølge York og Pendharkars (York & Pendharkar : 2004) fire problematikker kun behandler interface arkitekturen. Dermed behandler artiklerne ikke indvirkningerne af den mobile brugssituation, og frembringer dermed ikke viden om hvordan fysisk bevægelse indvirker på interaktion i tabeller. Brugervenlighedsevalueringen fra forskningsprojektet på

---

<sup>2</sup> Fastlåste kolonne- og rækkenavne



Regionshospitalet i Randers blev ligeledes evalueret siddende ved et bord. Dermed blev lægerne ikke udsat for påvirkninger af den fysiske bevægelse. Herunder har vi en forventning om, at den fysiske bevægelse har en indvirkning, men det er ikke belyst på hvilke områder og i hvor høj grad denne indvirkning gør sig gældende. Flere studier har i den forbindelse påvist, at brugssituationen og den fysiske bevægelse kan medføre en forringet interaktion med en håndholdt enhed (Lin et al : 2007, Mackay et al : 2005a, Newton et al : 2005, Vadas et al : 2006, Brewster et al : 2003). Indvirkningerne opstår primært af to grunde: 1. Fordi brugeren har mulighed for at bevæge sig imellem flere forskellige brugssituationer og dermed forskellige kontekster (Kakihare & Sørensen : 2002, Kristoffersen & Ljungberg : 1999). 2. Fordi den fysiske bevægelse forårsager rystelser der forplanter sig i enheden, og som igen medfører forringet mulighed for interaktion (Pirhonen et al : 2002).

Det er selvfølgelig naturligt at problematikkerne omkring den mobile brugssituation, interface arkitekturen og menneskelige karakteristika har forskellige indvirkninger på brugerens interaktion. Specielt da interaktion på en håndholdt enhed varierer alt efter anvendelsesområde og arbejdsopgaver. Og som det fremkommer af (Watters et al : 2003), er komplekse opgaver ofte mere påvirkelige end simple opgaver. Det vil derfor være interessant at sammenligne en række interaktionsteknikker, som i andre studier har vist sig anvendelige til interaktion på håndholdte enheder. Herunder specifikt at undersøge om teknikkerne er anvendelige til interaktion med komplekse data, med primært fokus på den mobile brugssituation og interfacearkitekturen, og hvordan kombinationen af disse problematikker påvirker interaktionen med den håndholdte enhed. Den ovenstående indledning motiverer derfor til det overordnede forskningsspørgsmål, som danner grundlag for dette speciale.

*Hvilken interaktionsteknik er mest anvendelig til arbejde med komplekse data på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse, og hvordan påvirkes anvendeligheden af kompleksiteten af data og brugernes øvelse?*

Det overordnede forskningsspørgsmål består herunder af tre underspørgsmål, som enkeltvis har til hensigt mere specifikt at undersøge og behandle det overordnede forskningsspørgsmål. Vi har således valgt at tage udgangspunkt i netop tabeller, som er en delmængde af komplekse datamængder. Dertil vil anvendelsesområdet og arbejdsopgaverne afspejle en typisk anvendelse af tabeller (Watters et al : 2005, Spool et al : 1998, Molich : 2001), således at resultaterne vil frembringe en generel viden om almindelig interaktion med tabeller.

### **Forskningsspørgsmål 1**

Det første forskningsspørgsmål tager direkte udgangspunkt i casen fra Regionshospitalet i Randers, og omhandler interaktion med en tabel, der har samme dimensioner som tabellen fra lægernes instruks<sup>3</sup>. Det første forskningsspørgsmål har derfor til formål at undersøge anvendeligheden af alternative interaktionsteknikker til interaktion med tabeller i en mobil brugssituation. Da definitionen af anvendelighed kan fremstå uklart, har vi valgt at definere anvendelighed som en kombination af tidsmæssig effektivitet, subjektiv arbejdsbyrde og fejlrate (Pirhonen et al : 2002, (Bernard et al : 2005). Alt dette leder frem til den endelige formulering af forskningsspørgsmål 1 som lyder:

*Hvilken interaktionsteknik er mest anvendelig til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse?*

### **Forskningsspørgsmål 2**

Specialets andet forskningsspørgsmål tager udgangspunkt i en hypotese, der antager, at tabelstørrelsen har indvirkning på anvendeligheden af interaktionsteknikkerne. Således ville det være forventeligt, at resultaterne af det første forskningsspørgsmål ikke direkte kan overføres til større tabeller, da større

---

<sup>3</sup> Håndbog omhandlende sundhedsfaglig / lægefaglig behandling.

tabeller medfører en højere kompleksitet i tabelopslagene. Artikel 2 vil derfor give svar på forskningsspørgsmål 1 med større tabeller, og yderligere frembringe viden til at kunne besvare forskningsspørgsmål 2 som lyder:

*Hvilken effekt har tabelstørrelsen på anvendeligheden af interaktionsteknikker til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse?*

### **Forskningsspørgsmål 3**

Tredje forskningsspørgsmål bygger på en antagelse af, at anvendeligheden af en interaktionsteknik er påvirket af hvor stor erfaring brugeren har med brugen af interaktionsteknikken. Tidligere studier har påvist, at brugere over tid opnår bedre anvendelighed af forskellige applikationer (MacKenzie & Zhang : 1997, Sporka et al : 2007, Kjeldskov et al : 2005). Derfor vil det her være interessant at studere, hvordan gentagen anvendelse påvirker den tidsmæssige anvendelighed af en ny og uprøvet interaktionsteknik sammenlignet med en velkendt interaktionsteknik. Herunder vil det være mest interessant i en større tabel, da en større tabel påkræver mere interaktion end en mindre. Forskningsspørgsmål 3 lyder derfor:

*Hvilken effekt har øvelse på anvendeligheden af interaktionsteknikker til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse?*

## Forskningsartiklerne

Dette kapitel præsenterer de tre forskningsartikler der danner grundlag for denne specialrapport. Artiklerne kan findes i rapportens bilag. Formålet med de tre artikler er at medvirke til at give et samlet svar på rapportens forskningsspørgsmål, som kan findes i indledningen og de tre underspørgsmål. De to første artikler beskriver et sammenlignende interaktionseksperiment, mens den tredje beskriver et eksperiment, der studerer effekten af gentagen brug af en interaktionsteknik.

- Artikel 1: Interaktion under bevægelse - Et komparativt studie af interaktionsteknikker til arbejde i tabeller på håndholdte enheder.
- Artikel 2: Tabelstørrelsens indvirkninger – Et komparativt studie af interaktionsteknikker til arbejde i større tabeller på håndholdte enheder.
- Artikel 3: Øvelse gør mester - Et studie af effekten ved gentagen brug af teknikker til interaktion på håndholdte enheder.

### **Artikel 1: Interaktion under bevægelse - Et komparativt studie af teknikker til interaktion i tabeller på håndholdte enheder.**

Formålet med denne artikel var at undersøge anvendeligheden af forskellige interaktionsteknikker til arbejde med tabeldata på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse. Artiklen indeholder derfor et laboratorieeksperiment, der sammenligner de fire interaktionsteknikkers anvendelse i tabeller af 12 rækker \* 10 kolonner, på en PDA. Anvendeligheden blev i artiklen defineret på baggrund af tre kriterier; tidsanvendelse, subjektiv vurdering af arbejdsbyrde (NASA-TLX (Hart & Staveland : 1998)) og fejlrate (Bernard et al : 2005, Pirhonen et al : 2002). De fire interaktionsteknikker der blev sammenlignet var Scrolling, Panorering, Tap-N-Go (Mackay et al : 2005b, Mackay et al : 2005a) og Fiskeøjje (Spence & Apperley : 1982, Furnas : 1986, Rao & Card : 1994). Eksperimentet sammenligner disse interaktionsteknikker, da relateret litteratur har påvist, at interaktionsteknikkerne i lignende tilfælde har vist sig være anvendelige til interaktion på håndholdte enheder.

For at eksperimentet kunne sammenligne de fire interaktionsteknikker fik otte testdeltagere til opgave at udføre fire forskellige opgavetyper med tabeller. Opgavetyperne var simpelt opslag, række-, kolonne- og kompleksammenligning. Disse opgavetyper blev valgt, da de repræsenterer en typisk anvendelse af tabeller (Watters et al : 2005, Spool et al : 1998, Molich : 2001). Foregående studier af de udvalgte interaktionsteknikker forgik ikke under fysisk bevægelse, det selvom fysisk bevægelse beviseligt har en indvirkning på brugssituationen (Lin et al : 2007, Mackay et al : 2005a, Newton et al : 2005, Mostonen et al : 2004, Vadas et al : 2006). Den fysiske bevægelse i dette eksperiment blev udført på et løbebånd med variabel hastighed, da andre studier har vist, at netop denne opsætning kan simulere en naturlig fysisk bevægelig bruger (Bernard et al : 2005, (Kjeldskov et al : 2004).

De fire interaktionsteknikker blev alle evalueret under to forskellige forhold – et stationært siddende ved et bord og et mobilt gående på løbebåndet. Derved blev det muligt at undersøge, hvordan den fysiske bevægelse påvirkede anvendeligheden af interaktionsteknikkerne.

Resultaterne af eksperimentet viste, at Scrolling var den signifikant mest anvendelige interaktionsteknik til arbejde med tabeldata på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse. Scrolling havde den signifikant laveste tidsanvendelse og laveste arbejdsbyrde. Det var ikke muligt at konkludere noget på baggrund af fejlraten, da der ikke fremkom nogle signifikante forskelle mellem interaktionsteknikkerne. Den gennemsnitlige tidsanvendelse for den samlede udførelse af de fire opgavetyper under fysisk bevægelse er præsenteret i Tabel 1, hvor det fremkommer, at den fysiske bevægelse havde en forøgende indvirkning på tidsanvendelsen og arbejdsbyrden. Denne indvirkning fremkom signifikant.

	Tidsanvendelsen (MM:SS:MS)	Forøgelse af tidsanvendelsen	Arbejdsbyrden	Forøgelse af arbejdsbyrden
Scrolling	01:39:30	17,75%	40,88	33,29%
Panorering	02:01:07	18,75%	49,13	41,20%
Tap-N-Go	02:05:30	11,68%	52,71	25,87%
Fiskeøje	01:53:22	16,28%	50,58	26,06%
Gennemsnit	01:54:52	16,12%	48,32	31,61%

**Tabel 1: Resultater fra artikel 1**

Resultaterne omkring indvirkningen af fysisk bevægelse fremstår forholdsvis identiske med (Lin et al : 2007, Mackay et al : 2005a, Vadas et al : 2006, Newton et al : 2005) som også påviste, at fysisk bevægelse har en indvirkning på interaktionen med en PDA. Den manglende signifikans omhandlende fejlraten står i kontrast til (Mostonen et al : 2004), som konkluderer, at fysisk bevægelse medfører en forringet visuel præstation hos brugerne, og dermed også medfører en højere fejlrate. Resultatet omhandlende at Scrolling er den mest anvendelige interaktionsteknik står også i kontrast til andre studier. Således har (Mackay et al : 2005a) påvist, at Scrolling var den langsomste interaktionsteknik til en opgavetype som svarede til simpelt opslag i dette eksperiment. Vores resultater viser, at Scrolling var den hurtigste interaktionsteknik til simpelt opslag. Der fremstår dog en væsentlig forskel imellem de to eksperimenter, herunder blev vores eksperiment udført med en applikation svarende til ca. 200 pixels \* 640 pixels. Eksperimentet i (Mackay et al : 2005a) blev udført i en applikation på 800 pixels \* 1040 pixels. Dette kunne understøtte at tabelstørrelsen har en indvirkning på anvendeligheden af forskellige interaktionsteknikker.

## **Artikel 2: Tabelstørrelsens indvirkninger – Et komparativt studie af teknikker til interaktion i større tabeller på håndholdte enheder.**

Artikel 2 tager udgangspunkt i problemstillingen omkring indvirkningerne af tabelstørrelsen. Herunder var det også formålet at undersøge anvendeligheden af forskellige interaktionsteknikker til arbejde med større tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse.

Artikel 2 tager således udgangspunkt i artikel 1, og opsætningen af eksperimentet er baseret på artikel 1. Dog indeholdt artikel 2 en væsentligt større tabel, da eksperimentet i artikel 1 blev udført i en forholdsvis lille tabel med 120 celler, hvor hovedparten af rækkerne i tabellerne kunne ses på skærmen på én gang. Dette bevirkede, at interaktionen i tabellen fortrinsvis foregik på den vandrette akse, da det for at finde et givent svar på en opgave ofte ikke var nødvendigt at navigere op/ned i tabellen. Dette var en interessant problematik da de interaktionsteknikker, der understøttede samtidig tovejsinteraktion, dermed ikke fik mulighed for at demonstrere deres fulde potentiale. Vi havde derfor en hypotese om, at disse interaktionsteknikker ville præstere bedre i en større tabel, som i højere grad påkrævede interaktion både på den vandrette og lodrette akse.

Artikel 2 blev derfor baseret på et eksperiment, der var så identisk med det fra artikel 1, at det var muligt at sammenligne resultaterne og dermed undersøge anvendeligheden af forskellige interaktionsteknikker. Herunder hvordan tabelstørrelsen indvirker på anvendeligheden af forskellige interaktionsteknikker. Det eneste der adskilte de to eksperimenter, var således testdeltagerne og tabelstørrelsen.

Resultaterne i artikel 2 viser overordnet, som det i Tabel 2, at der her ikke fremstår en signifikant forskel på hvilken interaktionsteknik, der tidsmæssigt og arbejdsbyrdemæssigt var mest anvendelig. Ved at undersøge de enkelte opgavetyper fremkommer der signifikante resultater blandt de enkelte interaktionsteknikker. Således viser eksperimentet, at Tap-N-Go var tidsmæssigt mest anvendelig til simple opslag i tabeller, Scrolling til rækkesammenligninger og Fiskeøje til kompleks sammenligning i tabeller. Resultaterne af fejlraten fremkom i artikel 2 igen med signifikante og anvendelige resultater. Dermed kan det også konkluderes, at tabelstørrelsen har medført, at det ikke var muligt at finde en signifikant mest anvendelig interaktionsteknik.

	Tidsanvendelse						
	Simpelt	Række	Kolonne	Kompleks	Forøgelse	Arbejdsbyrde	Forøgelse
Scrolling	01:03:08	00:32:45	00:38:08	01:01:15	19,97%	44,63	44,34%
Panorering	00:25:45	00:59:45	00:43:52	01:04:15	14,91%	39,08	46,56%
Tap-N-Go	00:19:30	00:50:52	00:37:22	01:12:37	6,52%	43,21	23,37%
Fiskeøje	00:21:22	00:58:30	00:37:15	00:54:30	1,41%	39,38	17,31%
Gennemsnit	00:32:26	00:50:28	00:39:09	01:03:09	10,70%	41,57	32,89%

**Tabel 2: Resultater fra artikel 2**

Sekundært viste resultaterne, at den fysiske bevægelse også med en større tabel har en signifikant indvirkning på den tidsmæssige anvendelighed og arbejdsbyrden. Således var resultaterne her også i overensstemmelse med (Lin et al : 2007, Mackay et al : 2005a, Vadas et al : 2006, Newton et al : 2005). Stigningen i arbejdsbyrden er nogenlunde identisk i artikel 1 og 2, men derimod er forøgelsen af tidsanvendelsen specielt med Tap-N-Go og Fiskeøje meget afvigende i eksperiment 2. Resultaterne fra artikel 2 er derimod mere i overensstemmelse med (Mackay et al : 2005a), idet Scrolling var den langsomste interaktionsteknik til simple tabelopslag.

Ud over eksperimentets primære resultater blev der også fundet indikationer på, at der opstod en faktor, der bevirkede, at anden gang en interaktionsteknik blev brugt, i flere tilfælde var hurtigere end den første gang. Denne faktor blev fundet ved at analysere tiderne på en måde, hvor tiden fra første anvendelse af en interaktionsteknik blev sammenlignet med den anden anvendelse af samme teknik. Her viste resultaterne, at flere af testdeltagerne havde en mindre tidsanvendelse, anden gang de brugte en given teknik. Dette var da også forventeligt i de forhold i eksperimentet, hvor teknikken først blev brugt under fysisk bevægelse, for derefter at blive brugt siddende ved et bord. Her ville effekten af den fysiske bevægelse, som eksperimentet også påviste, have en signifikant effekt på tiden. Det var derimod ikke forventeligt, at testdeltagerne ville blive hurtigere fra det stationære til det mobile forhold. Dette viste sig dog at være tilfældet flere gange i eksperimentet, og antyder, at der i eksperimentet har været en faktor, der modvirker den fysiske bevægelse, og som dermed har gjort andet forsøg hurtigere end det første. En faktor som eksempelvis ville kunne tilskrives en større erfaring med en given interaktionsteknik.

Den uønskede påvirkning af denne faktor kan specielt have influeret Tap-N-Go og Fiskeøje, da resultaterne viser en minimal forøgelse af tidsanvendelsen. Samtidigt ville det også forekomme naturligt, at testdeltagerne forbedrede sig mest med de interaktionsteknikker, som de havde mindst kendskab til på forhånd. Dette begrundes med, at testdeltagerne med disse hurtigt opnår en radikal forbedring i deres erfaring og kendskab til anvendelsen af interaktionsteknikken. Opsætningen af eksperimentet i artikel 2 bevirkede, at det ikke var muligt at undersøge og identificere denne faktor.

### **Artikel 3: Øvelse gør mester - Et studie af effekten ved gentagen brug af teknikker til interaktion på håndholdte enheder.**

Formålet med denne artikel var, at undersøge hvordan den tidsmæssige anvendelighed af en ny og uprøvet interaktionsteknik blev påvirket ved gentagen brug af interaktionsteknikken. Motivationen til artiklen fremkommer af artikel 2, da eksperimentet i artikel 2 viste, at der var andre faktorer udover den fysiske bevægelse, der havde indvirkning på den tidsmæssige anvendelighed af de fire interaktionsteknikker. Eksempelvis blev det indikeret at tiden, hvormed forskellige opgaver blev udført, i flere tilfælde kunne være påvirket af testdeltagerens erfaring med interaktionsteknikkerne.

Eksperimentet i artikel 2 var dog ikke designet til at undersøge denne effekt, og det var derfor ikke muligt specifikt at konkludere noget i forhold til denne effekt. Det ville derfor være interessant at undersøge effekten nærmere, da den, i dette speciale, kan have haft en uønsket indvirkning på resultaterne. En effekt hvis størrelse kunne tænkes at variere fra teknik til teknik. Eksempelvis ville Scrolling have fordel af at være en kendt teknik og derfor præstere bedre rent tidsmæssigt end nogle af de mere ukendte teknikker.

For at undersøge effekten ved gentagen brug, tager artikel 3 udgangspunkt i et eksperiment der undersøger anvendelsen af Fiskeøje og Scrolling til to forskellige opgavetyper: Række og kolonnesammenligning. Eksperimentet blev udført med 10 testdeltagere, som skulle udføre to \* seks opgaver med begge interaktionsteknikker. Efter de seks opgaver fik testdeltagerne til opgave at udføre 10 simple tabelopslag med begge interaktionsteknikker. Således blev det muligt at undersøge effekten ved gentagen brug, hvor udførelsen af de to \* 10 simple tabelopslag skulle højne brugernes erfaring med interaktionsteknikkerne.

Scrolling og Fiskeøje blev valgt, da Fiskeøje var den mest ukendte teknik. Anvendelsen af Tap-N-Go var forholdsvis identisk med Panorering, og kendskabet fra Panorering kunne derfor have haft en indvirkning på Tap-N-Go og omvendt. En indvirkning som opstår, fordi nogle brugere inden anvendelsen af et nyt produkt eller applikation kan omformulere deres "gamle viden" til ny viden. Eksempelvis kan kendskab til en kendt interaktionsteknik overføres til en ny lignende interaktionsteknik, og derved kan brugeren allerede inden anvendelsen opnå en ubestemt erfaring med interaktionsteknikken. (MacKenzie & Zhang : 2001) Scrolling blev medtaget som en benchmark over en kendt interaktionsteknik. Herunder ville det derfor være forventeligt, at effekten havde størst indvirkning på Fiskeøje og mindst på Scrolling. En forventning som hænger sammen med, at brugerne allerede har et stort kendskab til Scrolling, og det herved bliver sværere rent tidsmæssigt at forbedre sig.

Resultaterne af eksperimentet påviser, at der både med Fiskeøje og Scrolling forekommer en effekt af øvelserne. Herunder har effekten en signifikant indvirkning på tidsanvendelsen med begge interaktionsteknikker, da effekten af øvelserne bevirkede at testdeltagerne blev 17% hurtigere med Scrolling og 31% hurtigere med Fiskeøje. Scrolling var den hurtigste interaktionsteknik, og forskellen mellem de to interaktionsteknikker var ved første anvendelse 19 sekunder og efter anden anvendelse otte sekunder.

En række kvalitative samtaler med testdeltagerne viste, at flere af testdeltagerne med træningsøvelserne fandt en strategi, hvormed de selv mente, de blev hurtigere til at udføre opgaverne anden gang. Testdeltagerne gav udtryk for, at de specielt anvendte strategierne med Scrolling, da Fiskeøjeteknikken ikke umiddelbart påkrævede nogen strategi. Dette kunne derfor indikere, at Fiskeøje har en meget intuitiv anvendelse, det selvom interaktionsteknikken ofte er ukendt for brugerne. Testdeltagerne har således efter kort tid kunne anvende en ny interaktionsteknik. I den forbindelse svarede ni testdeltagere, at Scrolling blev nemmere at anvende anden gang, men kun fem syntes at Fiskeøje var nemmere anden gang. Otte testdeltagere mente hertil, at de over tid ville blive bedre til at anvende begge interaktionsteknikker.

Resultaterne fra artikel 3 viser, at brugerne selv med en minimal træning kan forbedre anvendeligheden af interaktionsteknikker, en forbedring som forventeligt forekom større ved en ukendt kontra en velkendt interaktionsteknik. En større erfaring eller træning med Fiskeøje kunne derfor medvirke til, at forskellen mellem Fiskeøje og Scrolling ville opnå et absolut minimum.

## Forskningsmetode

Dette kapitel beskriver og begrundet den forskningsmetode, der er brugt til at besvare forskningsspørgsmålene i dette studie. Vi vil først kort beskrive fordele og ulemper, ved den metode vi har valgt, dernæst beskrive mere konkret hvordan metoden har påvirket vores eksperimenter. Som det fremgår af Tabel 3, består dette studie af tre eksperimenter, hvor eksperiment 1 og 2 samlet skal medvirke til at besvare forskningsspørgsmål 1 og 2, hvor hovedformålet var at sammenligne anvendeligheden af forskellige interaktionsteknikker. Via eksperiment 1 og 2 var det også muligt at undersøge, hvilken effekt tabelstørrelsen har på anvendeligheden. Eksperiment 3 skal kun besvare forskningsspørgsmål 3. Opsætningen af de enkelte eksperimenter og deres indbyrdes relationer vil vi vende tilbage til.

Forskningsspørgsmål	Formål	Forskningsmetode	Eksperiment
1	Sammenligne forskellige interaktionsteknikker	Laboratorieeksperiment	1
			2
2	Undersøge effekten af tabelstørrelsen	Laboratorieeksperiment	1
			2
3	Undersøge effekten af øvelse	Laboratorieeksperiment	3

**Tabel 3: Forskningsmetode og forskningsspørgsmål**

Som det også fremgår af Tabel 3, har vi valgt, at den metode som skal understøtte vores eksperimenter, skal være laboratorieeksperimenter. Vi vil i det følgende kort beskrive metoden lidt nærmere.

### Beskrivelse af laboratorieeksperimenter

Laboratorieeksperimenter er kendetegnet ved, at de foretages i kunstige omgivelser, og dermed er det muligt for forskerne selv at etablere og kontrollere testomgivelserne. Denne mulighed for afgrænsning af eksperimentet bevirker, at det er muligt at eliminere nogle af de eksterne påvirkninger, der naturligt vil opstå i eksempelvis et feltstudie eller med andre metoder, som ikke afgrænser omgivelserne og deres påvirkninger. Laboratorieeksperimenter antager groft set, at den virkelige og omkringliggende verden og omgivelser ikke er essentielle og dermed kan fjernes. Den følgende punktopstilling fremstiller kort de fordele og ulemper, som findes ved laboratorieeksperimenter. (Wynekoop & Conger : 1990)

Styrker ved laboratorieeksperimenter:

- Reproducerbarhed
- Stor pålidelighed
- Præcise målinger
- Stor kontrol over forskellige faktorer/forhold og manipulationen af disse

Svagheder ved laboratorieeksperimenter:

- Manglende generaliserbarhed i naturlige omgivelser
- Kunstige omgivelser
- Antager at omgivelserne ikke er vigtige
- Hvis en testperson er nybegynder i brugen af et værktøj, antager metoden ikke det som en faktor

### Laboratorieeksperimenterne i vores studie

Vi vil i det følgende gennemgå de tre eksperimenter, som danner grundlag for dette studie.

#### Eksperiment 1:

Formålet med eksperiment 1 var at undersøge: *Hvilken interaktionsteknik er mest anvendelig til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse?*

Eksperiment 1 består af et balanceret within-subject laboratorieeksperiment med otte mandlige højrehåandede studerende fra Aalborg Universitet, hvor fire forskellige interaktionsteknikker blev

sammenlignet under to forskellige forhold – stationært siddende ved et bord og fysisk bevægelse via gang på et løbebånd. Interaktionsteknikkerne var implementeret i en tabel på 12 rækker \* 10 kolonner, i alt 120 celler.

Da formålet med eksperimentet var at undersøge anvendeligheden af forskellige interaktionsteknikker, var det en nødvendighed at eksperimentet var reproducerbart. En manglende reproducerbarhed ville medføre, at der kunne opstå varians i de testforhold, som testdeltagerne blev udsat for. Dermed ville de fremkomne målinger ikke være pålidelige.

For at sikre reproducerbarhed og pålidelighed blev den mobile brugssituation simuleret på et løbebånd med variabel hastighed. Andre forskningsstudier har påvist, at et løbebånd med variabel hastighed er anvendeligt til simuleringen af en mobil brugssituation (Bernard et al : 2005, (Kjeldskov et al : 2004). En simulering hvor testdeltagerne samtidig bliver afskærmet fra de mulige indvirkninger, som fysisk bevægelse i den ”rigtige” verden kunne medføre (Johnson : 1998). Dette kunne eksempelvis være udefrakommende personer, som via deres tale eller færden kunne forstyrre testdeltagerne. De kunstige omgivelser i laboratoriet har muliggjort, at eksperimentet var reproducerbart i forhold til ensartethed for testdeltagerne. Samtidig bevirkede løbebåndet, at det var muligt at indsamle præcise og pålidelige data, da løbebåndet afgrænsede anvendelsesområdet til et meget begrænset område, hvor vi havde mulighed for at videofilme under stabile forhold (Pirhonen et al : 2002). De to bevægelsesforhold bevirkede samtidig, at vi havde mulighed for at undersøge, om den fysiske bevægelse havde en indvirkning på anvendeligheden, og mere indirekte kunne konstatere om løbebåndet havde den ønskede effekt.

Til at sikre at de forskellige interaktionsteknikker og bevægelsesforhold ikke havde en uønsket påvirkning af testdeltagerne, blev eksperimentet designet som et within-subject (Rosnow & Rosenthal : 2004, Williams : 1945), hvor testdeltagerne blev ensartet fordelt i de forskellige forhold. Dermed havde vi større kontrol over de forskellige faktorer og påvirkninger, som et between-subject design kunne have medført (Rosnow & Rosenthal : 2004). Samtidig blev eksempelvis virkningen af den første interaktionsteknik og bevægelsesforhold også ensartet fordelt over hele eksperimentet.

Opsætningen af eksperiment 1 medvirkede alt i alt til, at vi kunne udlede præcise målinger omkring anvendeligheden af interaktionsteknikkerne til arbejde med data i tabeller på en håndholdte enheder under fysisk bevægelse.

## **Eksperiment 2:**

Efter at have udført og analyseret dataene fra eksperiment 1 fremkom det, at tabelstørrelsen havde en uønsket begrænsning af eksperimentet. Det fremgik således, at testdeltagerne hovedsageligt navigerede vandret i tabellen, hvorved interaktionen kun foregik i én retning. Denne uønskede begrænsning var forårsaget af størrelsen på tabellen, hvor samtlige tabelrækker kunne være indenfor skærbilledet. Vi besluttede derfor at udføre endnu et eksperiment med udgangspunkt i forskningsspørgsmål 1 i en væsentligt større tabel.

Formålet med eksperiment 2 blev således at undersøge: *Hvilken interaktionsteknik er mest anvendelig til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse, men i en større tabel?*

Da formålet med eksperiment 2 fremkom af eksperiment 1 var det nødvendigt, at eksperiment 2 også afspejlede eksperiment 1. En manglende sammenhæng mellem de to eksperimenter ville således resultere i, at de to eksperimenter ikke blev sammenlignelige. Implementeringen af interaktionsteknikkerne i eksperiment 2 har udgangspunkt i en tabel med 30 rækker og 20 kolonner, i alt 600 celler.

For at sikre sammenligneligheden var det de samme interaktionsteknikker, bevægelsesforhold og opgavetyper som testdeltagerne blev udsat for. Eksperiment 2 blev således også udført med otte (nye) mandlige højrehåandede studerende fra Aalborg Universitet, som blev fordelt ved hjælp af den samme



within-subject algoritme (Williams : 1945). Løbeprogrammet til løbebåndet var identisk. Dermed sikrede vi, at der mellem eksperiment 1 og 2 var stor pålidelighed, og at det herunder var muligt at udføre de samme præcise målinger. Kort sagt udførte vi eksperiment 1 igen, men med nye testdeltagere og en større tabel.

En fordel ved den store ensartethed mellem eksperiment 1 og 2 var, at det også var muligt at undersøge forskningsspørgsmål 2 omhandlende: *Hvilken effekt har tabelstørrelsen på anvendeligheden af interaktionsteknikker til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse?*

### **Eksperiment 3:**

Formålet med eksperiment 3 var anderledes end de to foregående eksperimenter. Således var det formålet at undersøge én af de påvirkninger, som det ikke var muligt at undersøge med eksperiment 2. Den påvirkning vi ønskede at undersøge var effekten af øvelse. Eksperiment 2 indikerede således, at nogle af testdeltagerne var hurtigere anden gang de anvendte en interaktionsteknik, det selvom den anden anvendelse foregik på løbebånd, som beviseligt medførte en forøgelse af tidsanvendelsen.

Formålet med eksperiment 3 blev således at undersøge forskningsspørgsmål 3, som vedrørte: *Hvilken effekt har øvelse på anvendeligheden af interaktionsteknikker til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse?*

For at kunne undersøge effekten af øvelse, valgte vi at tage udgangspunkt i eksperiment 2. Men for at isolere effekten af øvelse blev eksperimentet kun udført på løbebånd med to forskellige opgavetyper og kun med to interaktionsteknikker. Vi valgte bevidst at afgrænse vores eksperiment 3 kraftigt, da vi ønskede meget stor pålidelighed, fuldstændig reproducerbarhed og yderst præcise målinger. Dette blev sikret ved at eliminere nogle af variablerne fra eksperiment 2. Ved ikke at begrænse omfanget af eksperimentet ville vi risikere ikke at fremkomme med anvendelige og signifikante data.

Eksperimentet var et within-subject med 10 mandlige højrehåndede studerende fra Aalborg Universitet. Ved at forøge antallet af testdeltagere fik vi en større datamængde, hvorved muligheden for signifikante og anvendelige data blev større. Fordelingen af testdeltagerne, ved hjælp af en within-subject algoritme (Williams : 1945), sikrede at testdeltagerne blev ensartet fordelt i de to forhold. Dertil blev rækkefølgen af opgaverne også balanceret med hensyn til kohorteffekt, således at en eventuel indvirkning fra opgaverækkefølgen blev fordelt over hele eksperimentet.

Opsætningen af eksperiment 3 medvirkede til, at vi kunne fremkomme med anvendelige og pålidelige data, hvor det var muligt at undersøge effekten af øvelse hos testdeltagerne.

### **Begrænsningerne ved vores eksperimenter**

En konsekvens af vores metodevalg vil altid være, at laboratorieeksperimenter ikke antager at den virkelige verden og omgivelser er vigtige. Konsekvensen bliver ikke mindre af, at vi har valgt at anvende et løbebånd, hvorved vores eksperimenter ikke har været udsat for de påvirkninger som fremkommer når vi bevæger os i vore omgivelser (Johnson : 1998). Vores valg kan derfor ende op med, at resultaterne ikke kan transformeres til en konkret anvendelsessituation, herunder vil det ikke være 100% sikkert, at læger eller andre skal/kan anvende den interaktionsteknik, som vores studie har fundet mest anvendelig.

Hertil har specielt eksperiment 1 og 2 været udført med et minimalt antal testdeltagere. Vores specifikke valg bevirkede, at antallet af testdeltagere skulle være 8, 16, 24, osv. Dette beror på, at eksperiment 1 og 2 havde otte forskellige forhold og fordelingen af disse påkrævede, at vi altid skulle forhøje antallet med mindst otte. En konsekvens af dette valg blev efter alt at dømme, at vi i eksperiment 2 ikke kunne fremkomme med signifikante resultater, og et større eksperiment med flere testdeltagere vil have bedre mulighed for at fremkomme med signifikante resultater.

Det at laboratorieeksperimenter ikke ligger vægt på brugernes erfaring mm., kan fremstå som en begrænsning af eksperimenterne. Men overordnet er denne faktor ikke vigtigt for vores eksperiment, da testdeltagernes erfaring i eksperiment 1 og 2 har haft indflydelse på alle interaktionsteknikkerne i begge bevægelsesforhold. Dermed har faktoren været ensartet fordelt i hele eksperimentet. I eksperiment 3 ville det have været en fordel, at testdeltagernes erfaring mm. var identisk, fordi vi dermed mere specifikt kunne have undersøgt effekten af øvelse hos denne ene brugergruppe.

## Konklusion

Formålet med dette speciale var at undersøge forskningsspørgsmålet: *Hvilken interaktionsteknik er mest anvendelig til arbejde med komplekse data på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse, og hvordan påvirkes anvendeligheden af kompleksiteten af data og brugernes øvelse?* For at kunne besvare dette spørgsmål har vi opdelt det overordnede forskningsspørgsmål i tre underspørgsmål. Besvarelsen af disse underspørgsmål er baseret på de tre forskningsartikler, som danner grundlag for dette speciale, og som kan ses i bilagene. Anvendeligheden er defineret som tidsmæssig effektivitet, subjektiv arbejdsbyrde (NASA-TLX) og fejlrate (Bernard et al : 2005, Pirhonen et al : 2002).

I det følgende vil vi gennemgå resultaterne af de tre artikler, for herigennem at give svar på de tre underspørgsmål og det overordnede forskningsspørgsmål. Besvarelsen af både spørgsmål 1 og 2 tager udgangspunkt i artikel 1 og 2, mens spørgsmål 3 kun tager udgangspunkt i artikel 3.

### Forskningsspørgsmål 1:

*Hvilken interaktionsteknik er mest anvendelig til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse?*

For at besvare forskningsspørgsmål 1 har vi i artikel 1 og 2 udført et sammenligningseksperiment af anvendeligheden af Scrolling, Panorering, Tap-N-Go og Fiskeøje i en mindre tabel (120 celler) og en større tabel (600 celler).

Via hovedresultaterne fra vores første eksperiment kan det konkluderes, at Scrolling var den signifikant mest anvendelige interaktionsteknik til arbejde i mindre tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse. Således viste resultaterne, at Scrolling var den mest anvendelige interaktionsteknik til samlet at udføre: simpelt opslag, række-, kolonne-, og kompleks sammenligning. Resultaterne konkluderes på baggrund af tidsanvendelsen og den subjektive arbejdsbyrde. Fejlraten er ikke indbefattet, da der fremkom et minimalt antal fejl, og derved fremstod der ingen signifikante forskelle mellem de fire interaktionsteknikker.

Med resultaterne fra vores andet eksperiment kan det ikke konkluderes hvilken interaktionsteknik, der var signifikant mest anvendelig til arbejde med data i større tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse. Dette beror hovedsageligt på en stor spredning af de fremkomne data, både med hensyn til tidsanvendelsen og den subjektive arbejdsbyrde. Igen viste fejlraten ingen signifikante resultater grundet et minimalt antal fejl.

En nærmere analyse af eksperiment 2 påviser dog at Tap-N-Go tidsmæssigt var signifikant mest anvendelig til simple opslag, at Scrolling tidsmæssigt var signifikant mest anvendelig til rækkesammenligning og at Fiskeøje tidsmæssigt var signifikant mest anvendelig til kompleks sammenligning. Ved kolonnesammenligningen fremkom der en minimal spredning af tidsmålingerne, derved fremstod der ingen signifikant forskel ved de fire interaktionsteknikker.

Den samme analyse af eksperiment 1 påviser kun, at Scrolling tidsmæssigt var signifikant mest anvendelig til rækkesammenligning. Eksperiment 1 fastslår dermed ikke hvilke interaktionsteknikker der tidsmæssigt er signifikant mest anvendelige til simple opslag, kolonne- og kompleks sammenligning. Den manglende signifikans kan tilskrives, at der opstod en minimal spredning af tidsmålingerne.

### Forskningsspørgsmål 2:

*Hvilken effekt har tabelstørrelsen på anvendeligheden af interaktionsteknikker til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse?*

For at besvare forskningsspørgsmål 2 har vi i artikel 1 og 2 udført et sammenligningseksperiment af Scrolling, Panorering, Tap-N-Go og Fiskeøje i en mindre tabel (120 celler) og en større tabel (600 celler), herved var det muligt at undersøge effekten af tabelstørrelsen.

Ved at sammenligne tidsanvendelsen fra eksperiment 1 og 2 kan det konkluderes, at tidsanvendelsen med de fire interaktionsteknikker er afhængig af tabelstørrelsen. De fire interaktionsteknikker er alle langsommere i den større tabel kontra den mindre tabel. Herunder kan det konkluderes, at tabelstørrelsen har en signifikant effekt på tidsanvendelsen af Scrolling og Panorering til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse. Med Tap-N-Go og Fiskeøje forekommer den samme tendens, dog fremstår effekten ikke signifikant.

En sammenligning af tidsanvendelsen fra eksperiment 1 og 2 påviser dertil, at en skalering af tabelstørrelsen har en uens effekt på tidsanvendelsen. Resultaterne påviser, at når antallet af celler skaleres med fem, så forøges tidsanvendelsen ved Scrolling (106%), Panorering (61%), Tap-N-Go (38%) og Fiskeøje (52%). Resultaterne angiver derfor, at Scrolling er mest påvirkelig af ændringer i tabelstørrelsen.

En sammenligning af den subjektive arbejdsbyrde ved de fire interaktionsteknikker viser, at tabelstørrelsen medfører en forøgelse af den gennemsnitlige arbejdsbyrde ved Scrolling (9%), mens arbejdsbyrden faldt ved Panorering (-20%), Tap-N-Go (-25%) og Fiskeøje (-15%), resultaterne er kun signifikante ved Tap-N-Go. Dermed kan det ikke konkluderes hvilken effekt tabelstørrelsen har på den subjektive arbejdsbyrde med interaktionsteknikker til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse. Resultaterne indikerer dog, at en skalering af tabelstørrelsen medfører en forøget arbejdsbyrde med Scrolling.

Det kan ikke konkluderes, om tabelstørrelsen har en effekt på fejlraten af interaktionsteknikker til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse.

### **Forskningsspørgsmål 3:**

*Hvilken effekt har øvelse på anvendeligheden af interaktionsteknikker til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse?*

For at besvare forskningsspørgsmål 3 har vi udført et sammenligningseksperiment af Scrolling og Fiskeøje i en større tabel (600 celler), for at undersøge effekten af øvelse.

Ud fra artikel 3 kan det konkluderes, at øvelse har en effekt på anvendeligheden af interaktionsteknikker til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse. Således viser eksperimentet, at tidsanvendelsen blev signifikant mindre anden gang Scrolling (17%) og Fiskeøje (31%) blev anvendt. Dertil viser eksperimentet, at brugerne ved brug af Fiskeøje og Scrolling opnår en større kvalitativ<sup>4</sup> viden som medfører, at brugerne bliver bedre til at inddrage deres kvantitative<sup>5</sup> viden i den konkrete brugssituation. Således gav testdeltagerne udtryk for, at øvelserne medvirkede til, at de blev bedre til at udvælge strategier og beslutninger som influerede deres interaktion med vores applikation.

---

<sup>4</sup> Kvantitativ viden om domænet som beror på, at brugerne opnår større kendskab til applikationen og det tilhørende arbejds- og anvendelsesområde (Helander et al : 1997).

<sup>5</sup> Kvalitativ viden om domænet hvor brugeren opnår en bedre anvendelse af den kvantitative viden. En forbedring som medfører, at brugeren bliver bedre til at udvælge strategier og beslutninger omhandlende interaktionen med applikationen og de tilhørende anvendelsesmuligheder (Helander et al : 1997).

## **Overordnede forskningsspørgsmål:**

*Hvilken interaktionsteknik er mest anvendelig til arbejde med komplekse data på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse, og hvordan påvirkes anvendeligheden af kompleksiteten af data og brugernes øvelse?*

Overordnet kan det konkluderes, at Scrolling er den mest anvendelige interaktionsteknik til arbejde med en mindre mængde af komplekse data på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse. Desuden kan det konkluderes, at der til arbejde med en større mængde af komplekse data på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse, skal udvælges interaktionsteknikker på baggrund af opgavetyper. Dertil medfører tabelstørrelsen, at eftersom en interaktionsteknik er anvendelig til en mindre mængde af komplekse data, indebærer dette ikke at den samme interaktionsteknik nødvendigvis er anvendelig til arbejde med en større mængde af komplekse data på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse. Endelig kan det konkluderes, at brugerne med øvelse tidsmæssigt bliver bedre til at anvende interaktionsteknikker. Effekten af øvelse er dog større ved en ny og uprøvet interaktionsteknik end ved en gammel og velkendt. Dertil kan det konkluderes, at brugerne med øvelse også bliver bedre til at udvælge strategier og beslutninger som influerer deres interaktion med en applikation.

Slutteligt kan det konkluderes, at ved arbejde med en større mængde af komplekse data findes der anvendelige alternativer til Scrolling. Alternative interaktionsteknikker hvor implementeringen kan medvirke til at brugerne opnår en mere intuitiv anvendelse, og hvor interaktionen nødvendigvis ikke påkræver at brugerne har opnået gode strategier og beslutninger for deres interaktion. Herunder kan det konkluderes, at skalering ikke påvirker Tap-N-Go, Fiskeøje og til dels Panorering i samme omfang som Scrolling.

## **Begrænsninger:**

Resultaterne af dette studie er baseret på tre eksperimenter med forskellige testdeltagere, hvilket specielt omkring målingerne af den subjektive arbejdsbyrde medfører en begrænsning og et vist forbehold for sammenligningen af de fremkomne værdier. Hertil kan den specifikke implementering af de fire interaktionsteknikker have begrænset dette studie. Således havde Scrolling ikke fastlåste kolonne og rækkenavne og Fiskeøje var begrænset af den specifikke algoritme som blev anvendt til visualisering af tabellen.

## **Fremtidigt arbejde:**

Som en videreførelse af dette studie ville det være interessant at undersøge resultaterne i praksis. Herunder eventuelt via et feltstudie, hvor brugernes anvendelse kunne blive udfordret i mere naturlige og realistiske omgivelser og brugssituationer, således ville det være muligt at undersøge om laboratoriet har skabt gunstige forhold for anvendelsen af de fire interaktionsteknikker. Endeligt kunne det være interessant at implementere Scrolling i lægernes PDA, herigennem undersøge om lægerne ville opnå en bedre anvendelse og interaktion, og dermed verificere en meget specifik anvendelse af vores resultater.



## Litteraturliste

- (Bernard et al : 2005) Barnard, L., Yi, J. S., Jacko, J. A., og Sears, A. (2005) An empirical comparison of use-in-motion evaluation scenarios for mobile computing devices. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 62, 4 (Apr. 2005), 487-520
- (Brewster et al : 2003) Brewster S. A., Lumsden J., Bell M., Hall M., Tasker S. (2003) "Multimodal 'Eyes-Free' Interaction Techniques for Mobile Devices," presented at Human Factors in Computing Systems - CHI'2003, Ft Lauderdale, USA, pp. 473 – 480
- (Dunlop & Brewster : 2002) Dunlop, M., Brewster, S. (2002) The Challenge of Mobile Devices for Human Computer Interaction. *Personal Ubiquitous Comput.* 6, 4 (Jan. 2002), 235-236.
- (Engrob & Pedersen : 2008) Pedersen A. F., Engrob J. H. (2008) Interaktion i tabeller under fysisk bevægelse, <https://services.cs.aau.dk/cs/tools/library/details.php?id=1212740609>
- (Furnas : 1986) W. Furnas G. - Generalized Fisheye Views (1986) Human Factors in Computing Systems CHI '86 Conference Proceedings, 16-23
- (Hart & Staveland : 1998) Hart, S.G., Staveland, L.E. (1998) Developing the NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. Human Mental Workload, P.A. Hancock & N. Meshkati (Editors) Amsterdam: North-Holland, pp. 139-183
- (Helander et al : 1997) M. G. Helander, T. K. Landauer, P. V. Prabhu, Eds. (1997) Handbook of Human-Computer Interaction. 2nd. Elsevier Science Inc ISBN:0444818626
- (Johnson : 1998) Johnson P (1998) Usability and Mobility: Interaction on the Move. In First Workshop on Human-Computer Interaction with Mobile Devices
- (Kakihara & Sørensen : 2002) Kakihara, Sørensen C. (2002) Mobility: An Extended Perspective, In Proceedings of The 35th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-35), Big Island, Hawaii, 7th-10th January 2002, IEEE
- (Kanstrup et al : 2006) Kanstrup, AM, Christiansen, E. (2006) Mobility at a MedicalWard: design challenges and decisions for an m-learning application. Proceedings of the Sixth Danish Human-Computer Interaction Research Symposium (DHRS), Aarhus, Denmark, November 15 2006: 31-32
- (Kanstrup et al : 2007a) Kanstrup A.M., Boye N., Nøhr C. (2007) Design m-Learning for Junior Registrars – Activation of a Theoretical Model of Clinical Knowledge, *Stud Health Technol Inform* volume 129, 2007
- (Kanstrup et al : 2007b) Kanstrup A.M., Boye N., Nøhr C., Bertelsen P., Christiansen E. (2007) PDA's for Learning Support at the Hospital Ward – Potentials and Challenges, *Virtual Center for Health Informatics, Aalborg University* p42-42, 2007
- (Kjeldskov et al : 2004) Kjeldskov, J., Stage, J. (2004). New Techniques for Usability Evaluation of Mobile Systems. *International Journal of Human-Computer Studies*, 60(4-5):599-620
- (Kjeldskov et al : 2005) Kjeldskov, J., Skov, M. B., Stage, J. (2005) Does time heal?: a longitudinal study of usability. In Proceedings of the 19th Conference of the Computer-Human interaction Special interest Group (Chisig) of Australia on Computer-Human interaction: Citizens online: Considerations For Today and the Future (Canberra, Australia, November 21 - 25, 2005). ACM International Conference Proceeding Series, vol. 122. Computer-Human Interaction Special Interest Group (CHISIG) of Australia, Narrabundah, Australia, 1-10.
- (Kristoffersen & Ljungberg : 1999) Kristoffersen S., Ljungberg F.(1999) Mobile Use of IT, Twenty-second information systems research seminar in Scandinavia
- (Lin et al : 2007) Lin, M., Goldman, R., Price, K. J., Sears, A., Jacko, J. (2007). How do people tap when walking? An empirical investigation of nomadic data entry. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 65, 9 (Sep. 2007), 759-769

- (Mackay et al : 2005a) MacKay, B., Dearman, D., Inkpen, K., Watters, C. (2005). Walk 'n scroll: a comparison of software-based navigation techniques for different levels of mobility. In Proceedings of the 7th international Conference on Human Computer interaction with Mobile Devices & Services (Salzburg, Austria, September 19 - 22, 2005). MobileHCI '05, vol. 111. ACM, New York, NY, 183-190
- (Mackay et al : 2005b) MacKay, B., Dearman, D., Inkpen, K., Watters, C. (2005). Walk 'n scroll: a comparison of software-based navigation techniques for different levels of mobility. In Proceedings of the 7th international Conference on Human Computer interaction with Mobile Devices & Services (Salzburg, Austria, September 19 - 22, 2005). MobileHCI '05, vol. 111. ACM, New York, NY, 183-190.
- (MacKenzie & Zhang : 1997) MacKenzie, I. S., Zhang, S. X. (1997). The immediate usability of graffiti. In Proceedings of the Conference on Graphics interface '97 (Kelowna, British Columbia, Canada). W. A. Davis, M. Mantei, and R. V. Klassen, Eds. Canadian Information Processing Society, Toronto, Ont., Canada, 129-137.
- (MacKenzie & Zhang : 2001) MacKenzie, I. S., Zhang, S. X. (2001) An empirical investigation of the novice experience with soft keyboards, *Behaviour & Information Technology* 20 (2001), 411-418
- (Molich : 2001) Molich R.- Brugervenligt webdesign, 1. udgave, 3 oplag (2001), Ingeniørenlbøger , ISBN: 87-571-2285-7
- (Mostonen et al : 2004) Mustonen T., Olkkonen M., Häkkinen J. (2004) Examining Mobile Phone Text Legibility while Walking, *Proceedings of CHI 2004*. ACM Press, Vienna, pp 1243–1246
- (Newton et al : 2005) Mizobuchi, S., Chignell, M., Newton, D. (2005). Mobile text entry: relationship between walking speed and text input task difficulty. In Proceedings of the 7th international Conference on Human Computer interaction with Mobile Devices & Services (Salzburg, Austria, September 19 - 22, 2005). MobileHCI '05, vol. 111. ACM, New York, NY, 122-128.
- (Pirhonen et al : 2002) Pirhonen A., Brewster S., Holguin C (2002) Gestural and Audio Metaphors as Means of Control for Mobile Devices, *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2002)*. ACM Press, Minneapolis, Minnesota, New York, NY, USA, pp. 291–298.
- (Rao & Card : 1994) Rao R., K. Card S. (1994) The Table Lens: Merging Graphical and Symbolic Representations in an Interactive Focus+Context Visualization for Tabular information, *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Boston, MA, April 1994, ACM
- (Rosnow & Rosenthal : 2004) Rosnow R. L. , Rosenthal R. (2004) *Beginning Behavioral Research: A Conceptual Primer*, Prentice Hall; 5 edition (March 27, 2004), ISBN: 0131147307
- (Spence & Apperley : 1982) Spence R., Apperley M. D. (1982) Data base navigation: An office environment for the professional, *Behaviour and Information Technology*, 1(1): 43-54
- (Spool et al : 1998) Spool J. M. , Scanlon T., Schroeder W., Snyder C., DeAngelo T. (1988) *Web Site Usability A Designer's Guide*, Morgan Kaufmann; 1st edition (November 17, 1998)
- (Sporka et al : 2007) Sporka, A. J., Kurniawan, S. H., Mahmud, M., Slavik, P (2007) *A Comparative Longitudinal Study of Non-verbal Mouse Pointer*, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin / Heidelberg ISSN 0302-9743 (Print) 1611-3349 (Online) Volume Volume 4663/2007 *Book Human-Computer Interaction – INTERACT 2007*
- (Stage et al : 2007) Hofmeister, L., Risgaard, P., Stage, J. (2007) *Usability Evaluation and Development of Redesigns for the PDAs in the MINI Project on the Reginal Hospital in Randers*. Aalborg University: Department of Computer Science
- (Vadas et al : 2006) Vadas, K., Patel, N., Lyons, K., Starner, T., Jacko, J. (2006). Reading on-the-go: a comparison of audio and hand-held displays. In *Proceedings of the 8th Conference on*



Human-Computer interaction with Mobile Devices and Services (Helsinki, Finland, September 12 - 15, 2006). MobileHCI '06, vol. 159. ACM, New York, NY, 219-226.

- (Watters et al : 2003) Watters C., Duffy J., Duffy K. (2003) Using large tables on small devices, 2003. vol. 58(1) 21-37. International Journal of Human Computer Studies
- (Watters et al : 2005) Watters C., Duffy J., Zhang R. (2005) Comparing Table Views for Small Devices, Proceedings of the 2005 ACM symposium on Applied computing SAC '05
- (Williams : 1945) Williams E. J. (1945) Experimental Designs Balanced for the Estimation of Residual Effects of Treatments, Australian Journal of Scientific Research, Series A: Physical Sciences, vol. 2, p.149, 06/1949
- (Wynekoop & Conger : 1990) Wynekoop, J.L., Conger, S.A. (1990) A Review of Computer Aided Software Engineering Research Methods. Proceedings of the IFIP TC8 WG 8.2 Working Conference on The Information Systems Research Arena of The 90's , Copenhagen, Denmark
- (York & Pendharkar : 2004) York, J., Pendharkar, P.C. (2004). Human-computer interaction issues for mobile computing in a variable work context. International Journal of Human-Computer Studies 60, 771-797



# Bilag



# Interaktion under bevægelse - Et komparativt studie af interaktionsteknikker til arbejde i tabeller på håndholdte enheder.

Anders Fritz Pedersen & Jan Hyldgaard Engrob

anders@andersfp.dk

jan@engrob.eu

## Resume

Håndholdte enheder med små skærme er i den seneste årrække blevet et uundværligt værktøj indenfor flere forskellige erhverv. Blandt andet har mange læger fundet det anvendeligt at kunne udføre opslag i diverse medicintabeller på deres håndholdte enhed. Udfordringen ved denne form for anvendelse er eksempelvis, at lægernes arbejde til tider foregår under fysisk bevægelse, hvilket besværliggør interaktionen. Interaktion med tabeller under fysisk bevægelse er imidlertid ikke nærstuderet videnskabeligt, hvilket har medvirket til at motivere dette studie.

Denne artikel præsenterer et interaktionseksperiment, der sammenligner fire forskellige interaktionsteknikkers brug i en tabel på en håndholdt enhed med lille skærm under fysisk bevægelse. Eksperimentet evaluerer interaktionsteknikkerne: Scrolling, Panorering, Tap-N-Go og Fiskeøje i laboratorieomgivelser, og sammenligner deres anvendelighed på baggrund af tidsmæssig effektivitet, subjektiv arbejdsbyrde og fejlrate.

Resultaterne viser, at Scrolling tydeligt var den mest anvendelige til interaktion med tabeller, og at fysisk bevægelse har en signifikant indvirkning på både arbejdstid og arbejdsbyrde.

## 1. Indledning

Udbredelsen af håndholdte enheder har de senere år frembragt et nyt fokusområde i studiet af menneske-maskine interaktion. Håndholdte enheder har en række ligheder med desktop computeren, og meget af den viden der har været omkring interaktion og visualisering, har derfor været forsøgt genbrugt i det nye domæne. Dette har vist sig ikke altid at være hensigtsmæssigt, da håndholdte enheder på mange områder adskiller sig fra desktop computere. Et af disse områder er den forholdsvis lille skærm og de begrænsede inputmuligheder, der findes på en håndholdt enhed. Dette medfører i mange situationer en besværliggørelse af både visualiseringer af og interaktion med ønskede data. Vores studie ønsker se på ét specifikt område, hvor disse problematikker gør sig gældende, nemlig ved brugen af tabeldata på en håndholdt enhed.

Vi er ikke de første der arbejder med denne problematik, da flere studier før dette har set på forskellige aspekter i tilpasningen af tabeldata til håndholdte enheder[24, 25]. Et studie af Watters et al stiller tre basale spørgsmål til dette område; Har skærmstørrelsen en effekt på præstationen af tabelopslag, giver søgefunktionalitet en forbedret præstation af tabelopslag og giver inkluderingen af kontekstuel information en forbedret præstation af

tabelopslag [24]. Et andet studie af Watters et al sammenligner 3 forskellige måder at visualisere tabeller på, herunder deres anvendelse med forskellige typer opgaver[25].

Problematikkerne med tabelopslag på en håndholdt enhed med lille skærm, er derfor i nogen grad studeret. Et af de områder der derimod ikke er studeret, er når interaktionen med tabeller bliver mere udfordret ved fysisk bevægelse. Herunder er der ikke lavet forskning specifikt med tabeller. Flere studier har dog forsket indenfor den fysiske bevægelses betydning for interaktionen med en håndholdt enhed.

Studier har i forskellige brugssituationer vist, at fysisk bevægelse kan medføre en forringet interaktion med en håndholdt enhed[13, 14, 16, 23, 2, 19]. Denne indvirkning opstår primært af to grunde: 1: Fordi brugeren har mulighed for at bevæge sig imellem flere forskellige brugssituationer og dermed forskellige kontekster[11, 12]. 2: Fordi den fysiske bevægelse forårsager rystelser der forplanter sig i enheden, og som igen medfører en forringet mulighed for interaktion. Vi vil i dette studie fokusere på rystelsernes indvirkning og dermed afgrænse os fra at se på de kontekstuelle indvirkninger.

Tidligere studier har i forskellige eksperimenter undersøgt nogle af de indvirkninger mobilitet kan have på interaktion på en håndholdt enhed: et studie af tapping under gang viste, at fysisk bevægelse havde en signifikant indvirkning på opgaveløbstider, fejlrate og arbejdsbyrde [13], et studie af interaktionsteknikkerne: Tap-N-Drags, Touch-N-Gos og Scrollings effektivitet og brugerpræference under forskellige mobilitetsformer; siddende, stående og gående påpegede at effektiviteten af scrollbars under mobilitetsformerne var mindre end ved brug af de to andre interaktionsteknikker [14], et studie påviste at brugerinput via softkeyboard medførte en forøget fejlrate under mobilitet[16], et studie omhandlende brugernes perception af informationer fra skærmen påviste ligeledes en nedsat effektivitet under mobilitet[23] og et studie der undersøgte læseligheden og forståelsen af tekster på en lille skærm viste, at brugernes arbejdsbyrde blev større under fysiske bevægelse[18].

De overstående artiklers resultater kan give et fingerpeg om, hvordan fysisk bevægelse generelt indvirker på interaktion med håndholdte enheder, og vi kan ud fra disse resultater have en formodning om en lignende indvirkning på tabeller.

Det specielle ved tabeller er, at de fortrinsvis består af en basal opbygning med tilhørende egenskaber. Egenskaber som medfører en unik repræsentation af informationer. Den

basale egenskab opstår ved, at de forskellige data på række- og kolonneniveau er relateret til hinanden. En relation som gør det muligt at finde, sammenligne og overskue de specifikke data. Foregående studier har dertil vist, at kontekstuel information herunder række og kolonnenavne har en forbedrende effekt på tabellers anvendelighed[24].

Ingen af de førnævnte studier har som nævnt undersøgt, hvordan fysisk bevægelse påvirker interaktion i tabeller, hvilket er interessant, da brugeren i disse situationer også har brug for effektivt at kunne interagere med tabeller. Derfor er det væsentligt og interessevækkende for os, at undersøge hvilke interaktionsteknikker, der er anvendelige i tabeller under fysisk bevægelse. Definitionen af anvendelighed sker på baggrund af nævnte litteratur og skal derfor ses som en kombination af: tidsmæssig effektivitet, subjektiv arbejdsbyrde og fejlrate[19]. Disse tre områder er samtidig også de steder, hvor den ovenstående litteratur påviste mobilitetens indvirkning på interaktionen [13, 14, 16, 18, 23 ]. I dette studie ønsker vi at undersøge, om fysisk bevægelse har en lignende indvirkning på interaktionen i en tabel. Vi opstiller derfor følgende tre hypoteser som vi ønsker at verificere.

*Fysisk bevægelse medfører en forøget tidsanvendelse?*

*Fysisk bevægelse medfører en forøget arbejdsbyrde?*

*Fysisk bevægelse medfører et forøget antal fejl?*

Denne artikel har til formål, at præsentere resultaterne af et interaktionseksperiment, som sammenligner forskellige interaktionsteknikker for at finde den mest anvendelige teknik til interaktion i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse.

## 2. Baggrund for udvælgelse af interaktionsteknikker

Vi vil her præsentere den baggrundsviden som ligger til grund for udvælgelsen af de interaktionsteknikker, der blev sammenlignet i eksperimentet. Denne viden er fremkommet på baggrund af gennemlæsning af en række relaterede artikler, der hver for sig enten har udviklet eller sammenlignet interaktionsteknikker til brug på håndholdte enheder.

*2.1 Scrolling:* er en af de mest almindelige og velkendte interaktionsteknikker. Scrolling kan dog på en PDA forekomme problematisk på grund af scrollbarernes størrelse[9]. Flere studier har i deres undersøgelser alligevel valgt at medtage Scrolling som en benchmark [14, 21, 3, 25, 27, 1], og resultaterne viser her at anvendeligheden af Scrolling blev overgået af Touch-N-Go og Panorering[14] og Fiskeøje[25]. Et af problemområderne med Scrolling er, at scrollbarerne ikke kan anvendes simultant og derfor ikke understøtter tovejsinteraktion [15].

*2.2 Panorering:* er en interaktionsteknik hvor brugeren via PDA pennen kan navigere ved at panorere med indholdet. Panorering er blandt andet kendt fra forskellige billedredigeringsapplikationer, hvor teknikken bruges når et billede er større end skærmområdet. Der findes flere forskellige former for panorering, og et studie af Johnson [7] undersøgte og sammenlignede forskellige panoreringsteknikker. Resultatet viste, at "Panning by

pushing the background" var overlegen i både præstation og brugerpræference. Et eksperiment af Gutwin og Fedak[5] sammenligner Panorering med forskellige zoomteknikker og Fiskeøje. Resultatet viste, at Fiskeøje var mere anvendeligt end Panorering. Panorering er desuden begrænset ved, at den enkelte navigeringsdistance er begrænset af skærmstørrelsen, og derved påkræves flere interaktioner for at navigere rundt på et stort område[10].

*2.3 Touch-N-Go:* er en interaktionsteknik udviklet af Mackay et al [15], og er en ny teknik til navigering, som tager udgangspunkt i Panorering. Teknikken skulle samtidig eliminere de eksisterende ulemper ved Scrolling og Panorering. Touch-N-Go giver mulighed for navigation i alle retninger med variabel hastighed[15], hvor retning og hastighed bliver udregnet på baggrund af hvor brugeren trykker i forhold til skærmens centrum[15]. Et studie af Watters et al [14, 15] påviste, at brugerne fandt Touch-N-Go anvendelig i flere mobile brugssituationer[14].

*2.4 Fiskeøje:* er en visualiseringsteknik som bygger på en grundlæggende forståelse omkring vigtigheden af konteksten set i forhold til fokus på detaljen. Dele af den første HCI forskning indenfor området blev udført af Spencer og Apperley [28] som præsenterede konceptet "Bifocal Display": en teknik der giver et "forvredet" billede af informationerne. Således at de data der er i fokus bliver forstørret, mens konteksten bliver mindre. En videreudvikling af denne teknik blev introduceret af Furnas [4], hvor teknikken opnåede en bedre balance mellem lokal detalje og global kontekst, kaldet "Generalized Fisheye Views". Denne fiskeøjeteknik har været anvendt flere forskellige steder og et af de mest anvendte eksempler findes i Rao og Stuarts "Tabel Lens" [20].

## 3. Eksperimentets metode

Til at finde den mest anvendelige interaktionsteknik blev den tid en række testdeltagere anvendte til at løse 4 små delopgaver i en tabel mens de gik på et løbebånd målt, hvorefter testdeltagernes subjektive vurdering af arbejdsbyrden blev målt. Det følgende beskriver eksperimentets metode.

### 3.1 Design

Eksperimentet blev udformet som et laboratorieeksperiment, hvor fire interaktionsteknikker blev sammenlignet ved to forskellige mobilitetsformer.

#### 3.1.1 Mobilitetsformer

*Mobil:* Den fysiske bevægelse blev simuleret ved hjælp af et løbebånd. For at fordre en mere naturlig gang, som ikke blev mekanisk havde løbebåndet variabel hastighed. Testdeltageren gik på løbebåndet med PDA'en i hånden.

*Stationær:* Testdeltagerne var siddende ved et bord med PDA'en liggende foran. Dette forhold blev brugt som et sammenligningsgrundlag til den fysiske bevægelse.

#### 3.1.2 Interaktionsteknikker

Interaktionsteknikkerne, der bliver brugt i eksperimentet, tager alle udgangspunkt i baggrundslitteraturen beskrevet i forrige afsnit om udvælgelsen af interaktionsteknikker.

Herunder er navnet på Touch-N-Go ændret til Tap-N-Go, da teknikken er tilpasset den mulige implementering i dette eksperiment.

#### *Scrolling (Scroll):*

Teknikken fungerede med de fra Windows kendte standard scrollbar. Den vandrette og lodrette scrollbar var placeret nederst og i højre side af skærmen, og udgjorde 4 % af højden/bredden. Den specifikke implementering bevirkede desuden, at kolonne- og rækkenavnene ikke længere var synlige hvis brugeren scrollede ned eller til højre. Scroll var implementeret i html.

#### *Panorering (Pan):*

Fungerede ved at testdeltagerne trykkede på skærmen med pennen, og ved at trække med denne var det muligt at navigere tabellen i samme retning. Tabellens kolonne- og rækkenavne var fastlåst, så testdeltagerne kunne se dem til enhver tid. Panorering var implementeret i Adobe Flash.

#### *Tap-N-Go (Tap):*

Fungerede ved at testdeltagerne trykkede relativt i forhold til centrum af skærmen, for derved at navigerede tabellen i den ønskede retning. Tabellens kolonne- og rækkenavne var som ved Panorering låste. Tap-N-Go var implementeret i Adobe Flash.

#### *Fiskeøje(Fisk):*

Fungerede ved at tabellerne var tilpasset skærmen, så de forskellige tabeller kunne ses på ét skærmbillede. Ved at trykke på en celle var det muligt at ekspandere kolonnen, og derved synliggøre de ønskede data. I eksperimentet kunne antallet af synlige rækker være på skærmen, og det var derfor kun kolonnerne, der var trykket sammen. Kolonnerne var minimeret fra højre mod venstre, og det var derfor kun muligt at se de to første tegn af kolonnens indhold. Fiskeøjeteknikken var implementeret i Adobe Flash.

### 3.2 Testdeltagerne

Eksperimentet blev udført som et balanceret withinsubjekt[26] design med otte højrehåandede mandlige studerende fra Aalborg Universitet. Gennemsnitsalderen var 23,9 år og testdeltagerne havde blandet erfaring med brugen af en PDA. Designet af eksperimentet medfører blandt andet, at det ikke er muligt direkte at påvise eventuelle læringseffekter, da eksperimentet kun er balanceret i forhold til interaktionsteknikkerne og mobilitetsforholdene.

### 3.3 Materialer og lokaler

Eksperimentet blev udført i et brugervenligheds-laboratorium ved Institut for Datalogi på Aalborg Universitet. Testen af interaktionsteknikker og arbejdsbyrde forgik i separate rum.

#### 3.3.1 PDA'en

PDA'en der blev anvendt i eksperimentet var en HP-IPAQ 6915 med tilhørende pen og skærm på 250x250 pixels. Alle interaktionsapplikationer blev eksekveret i Mobile Internet Explorer til Windows Mobile 5.0 i fuldskærm.

#### 3.3.2 Løbebåndet

Løbebåndet var et Ergo-Form IMT 7500 med en løbeflade på 52 x 155 cm. Løbebåndet var programmeret til at køre med en hastighed på mellem 2 og 4 km/t og ændrede hastighed hvert halve minut op eller ned med 0,5 eller 1 km/t. Denne ændring blev foretaget automatisk og testdeltagerne blev derfor ikke varslet på nogen måde.

#### 3.3.3 Testopgaverne

Til interaktionstesten var der fire forskellige delopgaver som skulle løses i hvert af de otte forhold i otte forskellige tabeller. Disse tabeller var helt identiske i opbygningen, og bestod i eksperiment 1 af 10 kolonner med årstal og 12 rækker med årets 12 måneder, i alt 120 celler med data. Størrelsen på tabellen afspejler størrelsen af "instruksen" [8, 9, 10].

De fire delopgaver havde også en identisk opbygning, og blev formuleret så de passede til hver af de 8 tabeller. Opbygningen af delopgaverne var fortaget med en opbygning som afspejler typisk interaktion med tabeller [25, 22, 17].

*Simpelt opslag:* Hvor mange overnattende var der i november 2004?

*Rækkesammenligning:* I hvilket år var der i juni flest overnattende?

*Kolonesammenligning:* I hvilken måned i 2003 var der flest overnattende?

*Komplekssammenligning:* I hvilken måned var der færrest overnattende hvis du sammenligner 1999 og 2006?

Figur 1: Eksempel på opgaver i eksperiment 1

### 3.4 Procedure

Eksperimentet var delt op i 4 faser:

1. Introduktion
2. Udførelse af interaktionstest
3. Vurdering af arbejdsbyrde
4. Debriefing

Fase 2 og fase 3 blev skiftevis udført så den enkelte testdeltager kom igennem alle de 8 forskellige forhold. Testdeltagerne brugte gennemsnitligt 1½ time på at udføre hvert af eksperimenterne.

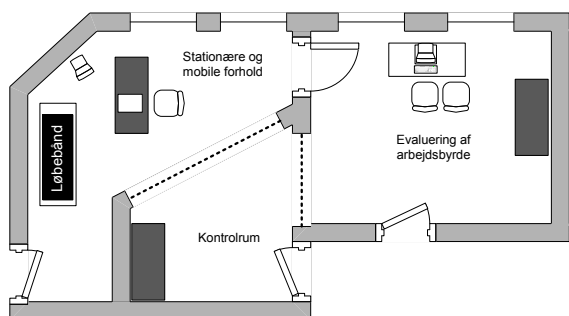
#### *Introduktion*

Testdeltageren blev budt velkommen, hvorefter testlederen introducerede selve eksperimentet og de 4 interaktionsteknikker. Testdeltageren fik herunder udleveret PDA'en og fik mulighed for kort at afprøve de 4 forskellige teknikker. Testdeltageren fik desuden en kort tur på løbebåndet, for herigennem at få fortrolighed omkring anvendelsen og sikkerheden af dette.

#### *Udførelsen af interaktionstest*

*Mobile forhold:* Under disse forhold blev testdeltageren bedt om at stille sig op på løbebåndet, hvorefter dette blev startet.

Testdeltageren blev dernæst præsenteret for den første af de fire delopgaver på en monitor i læsbar afstand fra løbebåndet. Når testdeltageren havde givet udtryk for at opgaven var læst og forstået overrakte testlederen PDA'en til testdeltageren. Testlederen havde i mellemtiden klargjort testapplikationen.



Figur 2: Laboratoriet

Testdeltageren trykkede derefter på opdater for at starte tidtagningen, løste opgaven, trykkede igen opdater for at stoppe tiden og sagde derefter svaret højt til testlederen. Herefter fik testlederen PDA'en tilbage, og forløbet blev gentaget med den næste delopgave. Løbebåndet blev først stoppet efter udførelsen af de fire delopgaver, og testdeltagerne fik ikke oplyst om svarene var korrekte.



Figur 3: Mobilt og stationært forhold

*Stationære forhold:* Under disse forhold sad testdeltageren på en stol ved et bord med PDA'en liggende fladt foran sig på bordet.

Testdeltageren blev præsenteret for den første af de fire delopgaver på en monitor i læsbar afstand fra bordet. Når testdeltageren havde givet udtryk for at opgaven var læst og forstået, lagde testlederen PDA'en med den klargjorte testapplikation foran testdeltageren. Testdeltageren trykkede derefter på opdater for at starte tidtagningen, løste opgaven, trykkede igen opdater for at stoppe tiden og sagde derefter svaret højt til testlederen. Herefter tog testlederen PDA'en igen, og forløbet blev gentaget med den næste delopgave.

#### Vurdering af arbejdsbyrde

Den subjektive arbejdsbyrde blev målt ved hjælp af NASA-TLX testen[6], og blev udført umiddelbart efter fase 2. Arbejdsbyrdetesten blev udført i et tilstødende lokale, hvor

testen var blevet implementeret på en PC og oversat til dansk. Alle testpersoner blev før deres første arbejdsbyrdetest introduceret til testen, og fik forklaret hvordan de forskellige begreber i testen skulle forstås. Begreberne i testen var desuden formuleret skriftligt og blev udleveret til testdeltagerne, så de igennem hele testen havde mulighed for at støtte sig til dette.

#### Debriefing

Efter udførelsen af samtlige interaktionstests og tilhørende vurdering af arbejdsbyrde, fik testpersonen udleveret et skema som skulle klarlægge testdeltagerens forskellige demografiske værdier. Testdeltageren blev desuden bedt vurdere sin erfaring med en PDA som følgende; ingen, begynder, let øvet, erfaren, eller meget erfaren. Slutteligt blev han bedt om at svare på, hvilken interaktionsteknik testdeltageren ville foretrække at anvende.

#### 3.5 Dataindsamling

Eksperimentets primære mål var at udføre målinger af den tid testdeltagerne anvendte på at løse de forskellige delopgaver, for herunder at finde den interaktionsteknik, som bedst fordrede interaktion i en tabel. Samtidig blev de forskellige opgavebesvarelser indsamlet, for herunder at måle korrektheden. Sekundært blev de enkelte testdeltageres vurdering af den subjektive arbejdsbelastning under de forskellige forhold logget som metoden foreskriver[6]. Den overordnede anvendelighed udgøres derfor af tidsanvendelsen, korrektheden og arbejdsbelastningen.

Tidsmålingerne blev udført med et elektronisk timestamp, som startede idet en testdeltager havde læst og forstået testopgaven og derefter trykkede opdater med pennen. Tiden stoppede når en testdeltager igen trykkede opdater. Yderligere blev alle testsessionerne videofilmet, hvorved det var muligt at verificere tidsanvendelsen, hvis en testdeltager skulle glemme at trykke på opdater. Svarene til de enkelte delopgaver blev registreret manuelt ved at testlederen noterede dem. I arbejdsbyrdetesten blev alle data logget, med en dertil udarbejdet elektronisk version af NASA-TLX testen.

#### 4. Resultater:

Det primære grundlag for sammenligningen af de fire interaktionsteknikker beror på den tid testdeltagerne anvendte til at udføre de forskellige testopgaver. Den gennemsnitlige tidsanvendelse i eksperimenterne blev analyseret ved brug af en fire (Interaktionsteknik) x to (mobilitetsforhold) data spredningsanalyse (Anova). Vi vil først analysere resultaterne af de fire delopgaver samlet, og derefter analysere de fire delopgaver en for en.

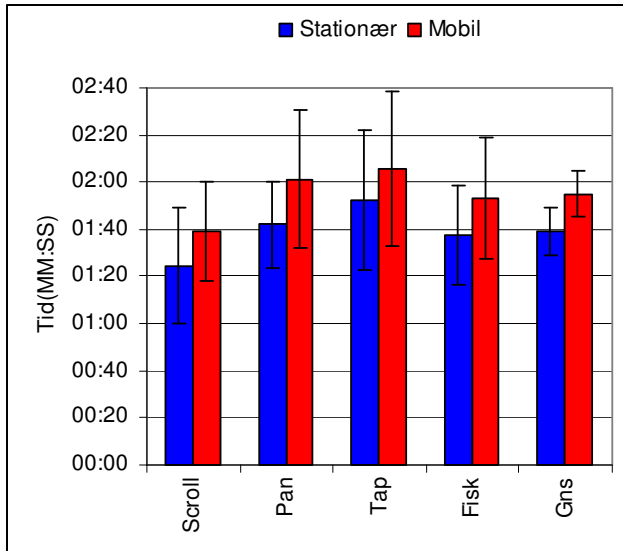
Dernæst følger en analyse af resultaterne fra arbejdsbyrdetesten, som ligeledes bliver analyseret ved hjælp af Anova analysen. Første del af analysen består af den overordnede arbejdsbyrde, mens anden del undersøger nogle enkelte af de faktorer, som arbejdsbyrden består af.

Endelig analyseres resultaterne af testdeltagerens opgavebesvarelser ved brug af Fisher's exact test.



#### 4.1 Den samlede tidsanvendelse

En analyse af testdeltageres tidsanvendelse i det mobile forhold viser, at de 4 interaktionsteknikker har en signifikant effekt på tidsanvendelsen ( $F[3,12] p < 0,047$ ). Dermed påviser eksperimentet, at Scrolling var den hurtigste interaktionsteknik til anvendelse i mindre tabeller under fysisk bevægelse. Dette fremkommer også af Figur 4, som præsenterer de 8 testdeltageres gennemsnitlige tidsanvendelse i de 8 forhold.



Figur 4: Gennemsnitlig tidsanvendelse i de otte forhold

En parvis analyse af interaktionsteknikkerne i det mobile forhold påviser dertil, at Scrolling var signifikant hurtigere end Panorering ( $t[7]=4,09 p < 0,005$ ) og Tap-N-Go ( $t[7]=2,44 p < 0,045$ ). Den parvise analyse påviser ingen signifikant forskel mellem Scrolling og Fiskeøje ( $t[7]=1,38 p < 0,210$ ).

Resultaterne frembragte ingen signifikant forskel mellem Panorering og Tap-N-Go ( $t[7]=0,42 p < 0,685$ ), Panorering og Fiskeøje ( $t[7]=0,90 p < 0,396$ ) og Tap-N-Go og Fiskeøje ( $t[7]=1,36 p < 0,215$ ). Den manglende signifikans hænger formentligt sammen med, at testdeltagerne har præsteret meget uens med Panorering, Tap-N-Go og Fiskeøje, og som en konsekvens heraf har en større standard afvigelse end Scrolling.

Anova analysen viser yderligere, at fysisk bevægelse har en signifikant effekt på den tid testdeltagerne brugte på at udføre opgaverne i hver af de 8 forhold ( $F[1,7] = 15,6 p < 0,006$ ). Dermed medfører fysisk bevægelse i eksperimentet en forøgelse i tidsanvendelsen. En effekt som også fremgår af Figur 4. Som det fremgår af Tabel 1, var der en gennemsnitlig forøgelse på 16,12 %.

Det er dog interessant, at rangeringen af interaktionsteknikkerne var identiske ved det stationære og det mobile forhold. Den bedste interaktionsteknik i det stationære forhold var stadig den bedste i det mobile forhold. Dette ses blandt andet ved at de tidsmæssige forøgelser ved interaktionsteknikkerne var forholdsvis identiske.

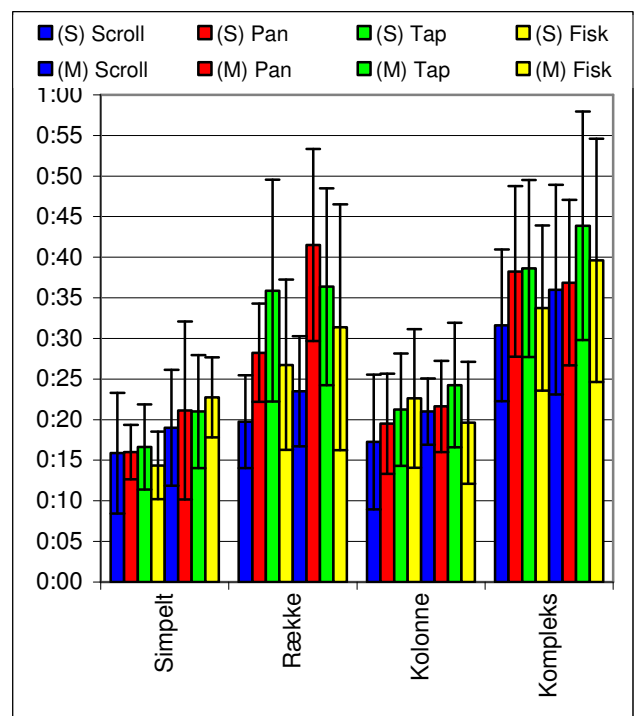
Interaktionsteknik	Forøgelse
Scrolling	17,75 %
Panorering	18,75 %
Tap-N-Go	11,68 %
Fiskeøje	16,28 %
Gennemsnit	16,12 %

Tabel 1: Forøgelse af tidsanvendelsen mellem stationær og mobil

Afslutningsvis kan ikke påvises en signifikant effekt af samspillet mellem fysisk bevægelse og interaktionsteknikkerne (Interaction effekt) ( $F[3,21] = 0,098 p < 0,960$ ). Dermed kan eksperimentet ikke påvise at kombinationen af interaktionsteknikker og mobilitetsforhold har haft en signifikant indvirkning på tidsanvendelsen.

#### 4.2 Tidsanvendelsen til delopgaverne

En nærmere undersøgelse af tidsanvendelsen til de fire delopgaver viser, som det fremgår af Figur 5, at Scrolling ikke var den hurtigste interaktionsteknik til alle delopgaverne. Samtidigt fremkommer det, at fysisk bevægelse havde størst effekt på kolonne, række og kompleksammenligning. En effekt som var forventelig idet disse delopgaver krævede mere interaktion grundet deres kompleksitet.



Figur 5: Tidsanvendelse og delopgaver

#### Delopgave A: Simpelt opslag

Opgave A bestod af et simpelt opslag, hvor testdeltageren f.eks. skulle finde svar på: *Hvor mange overnattende var der i november 2004?*

En analyse af tidsanvendelse til delopgave A viser at interaktionsteknikker ikke har en signifikant effekt på tidsanvendelsen ( $F[3,21] = 0,094 p < 0,963$ ). Dermed viser eksperimentet ingen signifikant forskel i tidsanvendelsen til opgave A.

En parvis analyse af interaktionsteknikkerne og deres gennemsnitlige tidsanvendelse til delopgave A viser ligeledes, at interaktionsteknikkerne indbyrdes ikke var signifikant forskellige i forhold til hinanden. Dermed har testdeltagerne præsteret forholdsvis ensartet ved delopgave A.

Det fremkommer dog, at Fiskeøje og Scrolling var signifikant hurtigere i det stationære forhold kontra det mobile forhold ( $T[7]=2,43$   $p<0,045$ ) ( $t[7]=3,70$   $p<0,008$ ). Dermed var der en signifikant forøgelse af tidsanvendelsen med Scrolling og Fiskeøje. Dette var dog ikke gældende med Panorering ( $t[7]=2,28$   $p<0,057$ ) og Tap-N-Go ( $t[7]=1,17$   $p<0,281$ ).

#### **Delopgave B: Rækkesammenligning**

Opgave B bestod af rækkesammenligning, hvor testdeltageren for eksempel skulle finde svar på: *I hvilket år i november var der færrest overnattende?*

Som det ses på Figur 5 var Scrolling hurtigst til delopgave B i begge mobilitetsforhold. En analyse af tidsanvendelsen viser, at interaktionsteknikkerne havde en signifikant effekt på tidsanvendelsen til delopgave B ( $F[3,21] = 6,37$   $p<0,004$ ). Dermed var Scrolling signifikant hurtigst til delopgave B.

En parvis analyse påviser ligeledes, at Scrolling var hurtigere end Panorering ( $t[7]=4,95$   $p<0,002$ ) og Tap-N-Go ( $t[7]=4,18$   $p<0,005$ ). Der fremkom dog ingen signifikant forskel mellem Scrolling og Fiskeøje ( $t[7]=1,93$   $p<0,094$ ).

Det fremkom ligeledes, at Scrolling og Panorering var signifikant hurtigere i det stationære forhold kontra det mobile forhold ( $t[7]=3,84$   $p<0,006$ ) ( $t[7]=4,08$   $p<0,005$ ). Dette var dog ikke gældende for Tap-N-Go og Fiskeøje ( $t[7]=0,08$   $p<0,940$ ) ( $t[7]=1,10$   $p<0,310$ ).

#### **Delopgave C: Kolonnesammenligning**

Opgave C bestod af kolonnesammenligning, hvor testdeltageren for eksempel skulle finde svar på: *I hvilken måned i 2003 var der flest overnattende?*

Tidsanvendelsen til delopgave C var meget ensartet. Derfor viser analysen også at interaktionsteknikkerne ikke har en signifikant effekt på tidsanvendelsen i delopgave C ( $F[3,21] = 1,11$   $p<0,368$ ).

Den parvise analyse af interaktionsteknikkernes gennemsnitlige tidsanvendelse viser ligeledes, at interaktionsteknikkerne indbyrdes ikke er signifikant forskellige. Dermed påviste eksperimentet ingen forskel i tidsanvendelsen til delopgave C.

Den parvise analyse viser heller ikke, at den samme interaktionsteknik var hurtigere eller langsommere i det stationære forhold kontra det mobile forhold Scrolling ( $t[7]=1,06$   $p<0,327$ ), Panorering ( $t[7]=0,83$   $p<0,433$ ), Tap-N-Go ( $t[7]=1,13$   $p<0,294$ ) og Fiskeøje ( $t[7]=0,80$   $p<0,448$ ).

#### **Delopgave D: Komplekssammenligning**

Opgave D bestod af komplekssammenligning, hvor testdeltageren for eksempel skulle finde svar på: *I hvilken måned var der flest overnattende, hvis du sammenligner 1990 og 1995?*

Delopgave D var den af de fire opgaver som klart medførte den største tidsanvendelse, hvilket også var i overensstemmelse med, at opgaven var den mest komplekse. Analysen viser, at interaktionsteknikkerne ikke har en signifikant effekt på tidsanvendelsen til delopgave D ( $F[3,21] = 1,43$   $p<0,263$ ). Dermed kan eksperimentet ikke påvise den mest anvendelige interaktionsteknik til delopgave D.

Den parvise analyse viser ligeledes, at interaktionsteknikkerne indbyrdes ikke er signifikant forskellige fra hinanden, men den viser ikke om den samme interaktionsteknik var hurtigere eller langsommere i det stationære forhold kontra det mobile forhold. (Scrolling ( $t[7]=1,21$   $p<0,266$ ), Panorering ( $t[7]=0,46$   $p<0,657$ ), Tap-N-Go ( $t[7]=1,32$   $p<0,227$ ) og Fiskeøje ( $t[7]=0,91$   $p<0,391$ ).

#### **4.3 Opsamling på tidsanvendelsen**

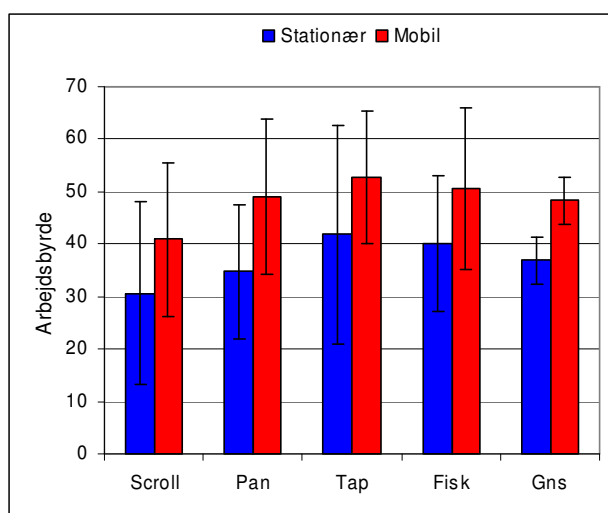
Analysen af den samlede tidsanvendelse i eksperimentet viser, at interaktionsteknikkerne har en signifikant effekt på tidsanvendelsen under fysisk bevægelse. Dermed påviser eksperimentet at Scrolling var den interaktionsteknik, som havde den korteste tidsanvendelse til interaktion med tabeller. Og det selvom analysen af tidsanvendelsen til de enkelte delopgaver kun viser, at interaktionsteknikkerne har en signifikant effekt på tidsanvendelsen til delopgave B.

Manglen på signifikans i de øvrige delopgaver kan forklares med designet af eksperimentet. Tidsanvendelsen til delopgaverne består således af 8 forskellige tabeller med tilhørende opgaver, hvilket naturligvis har medvirket til at der kunne opstå en uens tidsanvendelse. Det er dog vigtigt at fastslå, at dette ikke er en fejl, men derimod en mulig konsekvens af withinsubjekt designet.

#### **4.4 Den samlede arbejdsbyrde**

Anova analysen viser, at interaktionsteknikkerne har en signifikant effekt på arbejdsbyrden ( $F[3,21] = 3,82$   $p<0,026$ ). Dermed kan det påvises, at Scrolling var den interaktionsteknik som frembringer den laveste arbejdsbyrde, mens Tap-N-Go frembragte den højeste arbejdsbyrde.

Den parvise analyse af interaktionsteknikkerne i det mobile forhold viser, at arbejdsbyrden ved Scrolling var signifikant lavere end Fiskeøje ( $t[7]=3,59$   $p<0,009$ ), men ikke signifikant lavere end Panorering ( $t[7]=1,75$   $p<0,123$ ) eller Tap-N-Go ( $t[7]=2,23$   $p<0,062$ ).



Figur 6: Gennemsnitlig arbejdsbyrde i de otte forhold

Anova analysen viser derudover, at fysisk bevægelse har en signifikant effekt på arbejdsbyrden ( $F(1,7) = 8,56$   $p < 0,023$ ). Dermed medfører fysisk bevægelse i eksperimentet en forøgelse i arbejdsbyrden. En effekt som også fremgår af Figur 6, som præsenterer de 8 testdeltageres gennemsnitlige arbejdsbyrde i de 8 forhold. Som det fremgår af Tabel 2, var der en gennemsnitlig forøgelse på 31,61 %.

Det er dog interessant, at rangeringen af interaktionsteknikkerne som ved tidsanvendelsen var identiske ved de 2 mobilitetsformer, og det selvom den fysiske bevægelse medførte en forøgelse på mellem 26% og 41%. Dermed var den interaktionsteknik med den laveste arbejdsbyrde i det stationære forhold identisk med den fra det mobile forhold.

Interaktionsteknik	Forøgelse
Scrolling	33,29 %
Panorering	41,20 %
Tap-N-Go	25,87 %
Fiskøje	26,06 %
Gennemsnit	31,61 %

Tabel 2: Arbejdsbyrdeforøgelsen mellem stationær og mobil

Slutteligt kan der ikke påvises en signifikant effekt af samspillet mellem fysisk bevægelse og interaktionsteknikkerne (Interaction effekt) ( $F(3,21) = 0,159$   $p < 0,924$ ). Dermed kan eksperimentet ikke påvise at kombinationen af interaktionsteknikker og mobilitetsforhold har haft en signifikant indvirkning på testdeltagerens arbejdsbyrde.

#### 4.5 Udvalgte faktorer i arbejdsbyrden

På baggrund af testdeltagerens arbejdsbyrde har vi valgt at kigge nærmere på Fysisk, Anstrengelse, Mental og Frustration, da der her fremkommer den største variation i værdierne.

En nærmere undersøgelse viser, som det ses i Tabel 3, at den fysiske faktor og anstrengelsen kraftigt forøges ved

fysisk bevægelse ( $F[1,7] = 11,0$   $p < 0,012$ ) ( $F[1,7] = 6,35$   $p < 0,040$ ). Derudover er det interessant, at den mentale faktor er faldende ved den fysiske bevægelse. Et resultat som skal ses i sammenhæng med, at testdeltagerne også skal have opmærksomhed på den fysiske bevægelse, og som forventet ikke kan have fuld fokus på interaktionen. Dog fremkommer faldet i den mentale faktor ikke signifikant ( $F[1,7] = 0,499$   $p < 0,502$ ), og parvist fremkommer der heller ingen signifikans.

Det er overraskende, at frustrationen var stigende i alle de mobile forhold med undtagelse af Scrolling. Det var forventeligt at frustrationen også ville stige ved Scrolling. Den manglende stigning hænger sandsynligvis sammen med, at interaktionsteknikken var den mest velkendte, og at testdeltagerne derved ville være mere fortrolige med Scrolling. Igen fremkommer der, at fysisk bevægelse ingen signifikant effekt har på frustrationen ( $F[1,7] = 1,53$   $p < 0,256$ ). Den parvise analyse påviser dertil, at det kun er Panorering ( $t[7]=2,98$   $p < 0,021$ ) hvor stigningen er signifikant.

		Fysisk	Anstrengelse	Mental	Frustration
Scroll	Stationær	15,6	71,9	168,7	74,4
	Mobil	161,2	143,1	161,2	29,4
Pan	Stationær	52,5	87,5	171,8	69,4
	Mobil	103,7	218,8	145,6	149,4
Tap	Stationær	55,0	103,8	185,6	130,6
	Mobil	154,3	181,9	184,3	151,3
Fisk	Stationær	40,6	125,6	198,1	120,6
	Mobil	123,7	181,9	178,1	162,5

Tabel 3: Forøgelse i arbejdsbyrden

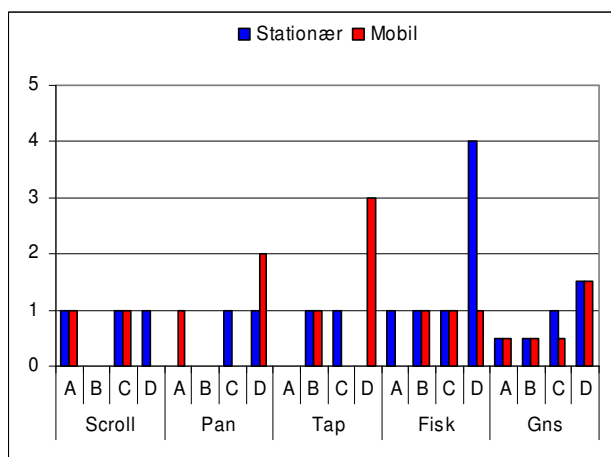
#### 4.6 Opsamling på arbejdsbyrden

Analysen af den samlede arbejdsbyrde i eksperimentet viser, at interaktionsteknikkerne har en signifikant effekt på arbejdsbyrden, og at Scrolling var den interaktionsteknik, som havde den laveste arbejdsbyrde ved mindre tabeller.

#### 4.6 Korrekthed

Gennemgangen af opgaverne viste, som det ses i Figur 7, at der var fejlbesvarelser i 26 ud af de 256 delopgaver. En Fisher's exact test viser, at fysisk bevægelse ikke har en signifikant effekt på antallet af fejl ( $p=0,837$ ). Derved viser resultaterne ikke om den fysiske bevægelse i eksperimentet medfører flere eller færre antal fejl.

En parvis analyse viser, at interaktionsteknikkerne ikke har signifikant effekt på antallet af fejl. Scrolling ( $p=1,00$ ), Panorering ( $p=1,00$ ), Tap-N-Go ( $p=0,672$ ) og Fiskeøje ( $p=0,302$ ).



Figur 7: Antal fejl i de otte forhold

#### 4.7 Testdeltagernes foretrukne interaktionsteknik

Udover de kvantitative målinger, der blev udført i eksperimentet, fik testdeltagerne til opgave at udvælge den interaktionsteknik, de ville fortrække at anvende til at løse tilsvarende opgaver. Resultaterne af denne undersøgelse er præsenteret i Tabel 4, hvor det fremgår at de fleste foretrak Panorering, mens Fiskeøje ingen tilslutning havde.

Interaktionsteknik	Eksperiment 1
Scrolling	2
Panorering	4
Tap-N-Go	2
Fiskeøje	0

Tabel 4: Testdeltagernes foretrukne interaktionsteknik

Nogle af testdeltagerne nævnte, at de syntes det var problematisk, at Scrolling ikke havde fastlåste kolonne- og rækkenavne, hvorfor det ofte var nødvendigt at scrolle tilbage for at finde de korrekte informationer. Derfor valgte de ikke denne.

#### 5 Diskussion

Resultaterne af eksperimentet understøtter vores hypotese om, at fysisk bevægelse har en effekt på brugssituationen. Dette ses blandt andet ved en sammenligning af tidsmålingerne og arbejdsbyrdemålingerne fra de stationære og mobile forhold. Her fremgår det, at den gennemsnitlige tidsanvendelse blev forøget med 16,12 %, og arbejdsbyrden blev forøget med 31,86 %. Dermed har eksperimentet påvist, at fysisk bevægelse havde en effekt på testdeltagerens tidsanvendelse og arbejdsbyrde.

Hypotesen omhandlende, at fysisk bevægelse også vil frembringe en større fejlrate kan ikke hverken bekræftes eller afkræftes, da der ikke fremkom signifikante data på dette punkt. Umiddelbart peger resultaterne dog i den modsatte retning, idet der fremkom 14,29 % færre fejl i de mobile forhold.

Resultater omkring forøgelse i tidsanvendelse og arbejdsbyrde stemmer i nogen grad overens med relaterede undersøgelser, som i deres studier også har påvist at fysisk bevægelse har en indvirkning på interaktion med en PDA [13, 14, 16, 23].

Dette gjorde sig derimod ikke umiddelbart gældende ved eksperimentets korrekthedsdata, hvilket var overraskende og ikke forventeligt. Dette står samtidig i kontrast til resultaterne i [18], der konkluderer at den visuelle præstation er forringet ved fysisk bevægelse, og derfor medfører en højere fejlrate.

Ser vi nærmere på de forskellige interaktionsteknikker og sammenholder resultaterne af tidsmålingerne med artikel [14], der ligesom vores eksperiment sammenligner forskellige interaktionsteknikker, så viser vores resultater ikke entydigt det samme, da dette eksperiment viste at Scrolling, i modsætning til [14] var den mest effektive og anvendelige interaktionsteknik. Dette kan selvfølgelig skyldes de mange faktorer, der ikke er identiske i eksperimenterne. Eksempelvis var applikationen i [14] 800 pixel \* 1040 pixel og dermed væsentligt større end tabellen i dette eksperiment. Dette kan derfor indikere at tabelstørrelsen påvirker anvendeligheden af interaktionsteknikkerne.

Vores forventning var dog alligevel, at opgave A (Simpelt Opslag) ville være sammenlignelige med [14], idet "Simpelt opslag" er den opgavetype der minder mest om opgavetyperne i [14]. Vores eksperiment påviser, at Scrolling også var den hurtigste interaktionsteknik til delopgave A, og dermed er vores resultater her ikke i overensstemmelse med [14].

Det at Scrolling, i modsætning til [14] i vores eksperiment, var den hurtigste interaktionsteknik kan, mod vores forventning, hænge sammen med at testdeltagerne er meget bekendt med Scrolling. Specielt til de opgaver som krævede en større interaktion. Dermed ville anvendelsen af Fiskeøje, Panorering og Tap-N-Go ikke være identisk med Scrolling.

#### 6 Konklusion

Formålet med dette eksperiment var at sammenligne anvendeligheden af forskellige interaktionsteknikker, for herigennem at finde den mest anvendelige teknik til interaktion i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse.

Resultaterne af eksperimentet viste, at Scrolling var den mest anvendelige interaktionsteknik under fysisk bevægelse, da Scrolling her havde den signifikant laveste tidsanvendelse og den signifikant laveste arbejdsbyrde. Det var dog ikke muligt at konkludere noget på baggrund af fejlraten, da der ikke fremkom nogen signifikante forskel på dette område. Samtidig viste resultaterne, at den fysiske bevægelse havde en signifikant indvirkning på både tid og arbejdsbyrde.

#### 7 Begrænsninger

Den generelle anvendelighed af de fremkomne resultater er naturligt begrænsede af de udvalgte interaktionsteknikker og deres implementering. Ligeledes afspejler resultaterne en generel anvendelse af tabeller, og dermed fremkommer det usikkert om resultaterne kan relateres til en mere specifik anvendelse.

Yderligere er der i eksperimentet forskellige grader af kendskab til de forskellige teknikker blandt testdeltagerne. Scrolling må formodes at være den meste kendte teknik, hvorimod Tap-N-Go og Fiskeøjetechnikken må formodes at være mere ukendte. Derfor kunne Scrolling præstere bedre, da testpersonerne må forventes at være mere øvet med denne.

## 8. Fremtidigt arbejde

Resultatet af dette eksperiment efterlader et tomrum, hvor fremtidige undersøgelser kunne tage udgangspunkt. Eksempelvis ville det være interessant at undersøge, om resultaterne fra eksperimentet kan overføres til større tabeller, som i højere grad understøtter interaktionsteknikker, hvor simultan vandret og lodret navigation er mulig. Tabelstørrelsen i dette eksperiment er nemlig så lille, at opgaverne i mange tilfælde kun kunne løses ved hjælp af vandret navigation. Det vil specielt være interessant at sætte resultaterne af et sådan eksperiment i forhold til Scrolling, der ikke understøtter simultan flervejs navigation og måske derfor kunne præstere anderledes i en større tabel.

Det kunne ligeledes være interessant, i et fremtidigt studie, at undersøge om scrolling præstere forholdsvis bedre i kraft af at være en mere kendt interaktionsteknik, som brugere derfor er mere øvede i at anvende.

## 9 Tak til

Vi vil gerne takke alle testdeltagerne som tog sig tid til at være med i eksperimentet.

## Litteratur

- [1] - Bederson, B. B., Clamage, A., Czerwinski, M. P., Robertson, G. G. 2004, DateLens: A fisheye calendar interface for PDAs. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 11, 1 (Mar. 2004), 90-119
- [2] - Brewster S. A., Lumsden J., Bell M., Hall M., Tasker S., "Multimodal 'Eyes-Free' Interaction Techniques for Mobile Devices," presented at Human Factors in Computing Systems - CHI'2003, Ft Lauderdale, USA, pp. 473 - 480, 2003.
- [3] - Fällman D., Lund A., Wiberg M., ScrollPad: Tangible Scrolling with Mobile Devices, Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04) - Track 9 - Volume 9 HICSS '04
- [4] - W. Furnas G., Generalized Fisheye Views, Human Factors in Computing Systems CHI '86 Conference Proceedings, 16-23. 1986.
- [5] - Gutwin C., Fedak C., Interacting with Big Interfaces on Small Screens: a Comparison of Fisheye, Zoom, and Panning Techniques, Proceedings of Graphics Interface 2004 GI '04
- [6] - Hart, S.G. & Staveland, L.E. (1998) Developing the NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. Human Mental Workload, P.A. Hancock & N. Meshkati (Editors) Amsterdam: North-Holland, pp. 139-183
- [7] - Johnson, J. A. 1995., A comparison of user interfaces for panning on a touch-controlled display. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (Denver, Colorado, United States, May 07 - 11, 1995). I. R. Katz, R. Mack, L. Marks, M. B. Rosson, and J. Nielsen, Eds. Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, NY, 218-225
- [8] - Kanstrup A.M., Boye N., Nøhr C.- Design m-Learning for Junior Registrars – Activation of a Theoretical Model of Clinical Knowledge, *Stud Health Technol Inform* volume 129, 2007

[9] - Kanstrup A.M., Boye N., Nøhr C., Bertelsen P., Christiansen E. - PDA's for Learning Support at the Hospital Ward – Potentials and Challenges, *Virtual Center for Health Informatics, Aalborg University* p42-42, 2007

[10] - Kanstrup, AM, Christiansen, E. Mobility at a MedicalWard: design challenges and decisions for an m-learn-ing application. Proceedings of the Sixth Danish Human-Computer Interaction Research Symposium (DHRS), Aarhus, Denmark, November 15 2006: 31-32

[11] - Kristoffersen S. , Ljungberg F. - Mobile Use of IT, Twenty-second information systems research seminar in Scandinavia 1999

[12] - Kakihara, Sørensen C. -Mobility: An Extended Perspective, In Proceedings of The 35th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-35), Big Island, Hawaii, 7th-10th January 2002, IEEE

[13] - Lin, M., Goldman, R., Price, K. J., Sears, A., Jacko, J. 2007. How do people tap when walking? An empirical investigation of nomadic data entry. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 65, 9 (Sep. 2007), 759-769

[14] - MacKay B., Dearman D., Inkpen K., Watters C. Walk 'n Scroll: A comparison of Software-based Navigation Techniques for Different Levels of Mobility, Proceedings of the 7th international conference on Human computer interaction with mobile devices & services MobileHCI '05

[15] - MacKay, B., Dearman, D., Inkpen, K., Watters, C. 2005. Walk 'n scroll: a comparison of software-based navigation techniques for different levels of mobility. In Proceedings of the 7th international Conference on Human Computer interaction with Mobile Devices & Services (Salzburg, Austria, September 19 - 22, 2005). *MobileHCI '05*, vol. 111. ACM, New York, NY, 183-190.

[16] - Mizobuchi, S., Chignell, M., Newton, D. 2005. Mobile text entry: relationship between walking speed and text input task difficulty. In Proceedings of the 7th international Conference on Human Computer interaction with Mobile Devices & Services (Salzburg, Austria, September 19 - 22, 2005). *MobileHCI '05*, vol. 111. ACM, New York, NY, 122-128

[17] - Molich R.- Brugervenligt webdesign, 1. udgave, 3 oplag 2001, Ingeniørenbøger , ISBN: 87-571-2285-7

[18] - Mustonen T., Olkkonen M., Häkkinen J. Examining Mobile Phone Text Legibility while Walking, Proceedings of CHI 2004. ACM Press, Vienna, pp 1243-1246

[19] - Pirhonen A., Brewster S., Holguin C Gestural and Audio Metaphors as Means of Control for Mobile Devices, Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2002). ACM Press, Minneapolis, Minnesota, New York, NY, USA, pp. 291-298.

[20] - Rao R. & K. Card S. The Table Lens: Merging Graphical and Symbolic Representations in an Interactive Focus+Context Visualization for Tabular information, Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Boston, MA, April 1994, ACM

[21] - Smith G. M. & Schraefel M. C. The Radial Scroll Tool: Scrolling Support for Stylus- or Touch-Based Document Navigation, Proc. of Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 04), Santa Fe, New Mexico, Oct. 2004, 53-56.

[22] - Spool J. M., Scanlon T., Schroeder W., Snyder C., DeAngelo T. Web Site Usability A Designer's Guide, Morgan Kaufmann; 1st edition (November 17, 1998)

[23] - Vadas K., Patel N., Lyons K., Starner T., Jacko J. Reading On-the-Go: A Comparison of Audio and Hand-held Displays, Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services MobileHCI '06

[24] - Watters C., Duffy J., Duffy K. Using large tables on small devices, 2003. vol. 58(1) 21-37. *International Journal of Human Computer Studies*.

[25] - Watters C., Duffy J., Zhang R. Comparing Table Views for Small Devices, Proceedings of the 2005 ACM symposium on Applied computing SAC '05

[26] - Williams E. J. Experimental Designs Balanced for the Estimation of Residual Effects of Treatments, Australian Journal of Scientific Research, Series A: Physical Sciences, vol. 2, p.149, 06/1949

[27] - Zhang R., Watters C., Duffy J Lookahead Cascade for Table Access on Small Devices - Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'06)

[28] - Spence R., Apperley M. D. Data base navigation: An office environment for the professional, Behaviour and Information Technology, 1(1): 43-54, 1982

# Tabelstørrelsens indvirkninger - Et komparativt studie af interaktionsteknikkers anvendelighed til arbejde i større tabeller på håndholdte enheder

Anders Fritz Pedersen & Jan Hyldgaard Engrob

anders@andersfp.dk

jan@engrob.eu

## Resume

Håndholdte enheder med små skærme er i den seneste årrække blevet et uundværligt værktøj indenfor flere forskellige erhverv. Blandt andet har mange læger fundet det anvendeligt at kunne udføre opslag i diverse medicintabeller på deres håndholdte enhed. Udfordringen ved denne form for anvendelse er eksempelvis, at lægernes arbejde til tider foregår under fysisk bevægelse, hvilket besværliggør interaktionen. Interaktion med tabeller under fysisk bevægelse er imidlertid ikke nærstuderet videnskabeligt, hvilket har medvirket til at motivere dette studie.

Denne artikel præsenterer et interaktionsekperiment, der sammenligner forskellige interaktionsteknikkers brug i større tabeller på en enhed med lille skærm under fysisk bevægelse. Eksperimentet evaluerer fire interaktionsteknikker: Scrolling, Panorering, Tap-N-Go og Fiskeøje i laboratorieomgivelser og sammenligner deres anvendelighed på baggrund af tidsmæssig effektivitet, subjektiv arbejdsbyrde og fejlrate.

Resultaterne viser at der ikke fremkom en signifikant mest anvendelig interaktionsteknik til interaktion med større tabeller.

## 1. Indledning

Udbredelsen af håndholdte enheder har de senere år frembragt et nyt fokusområde i studiet af menneske maskine interaktion. Håndholdte enheder har en række ligheder med desktop computeren, og meget af den viden, der har været omkring interaktionen og visualisering, har derfor været forsøgt genbrugt i det nye domæne. Dette har vist sig ikke altid at være hensigtsmæssigt, da håndholdte enheder på mange områder adskiller sig fra desktop computeren. Et af disse områder er den forholdsvis lille skærm og de begrænsede inputmuligheder, der findes på en håndholdt enhed. Dette medfører i mange situationer en besværliggørelse af både visualiseringen og interaktionen af og med ønskede data. Vores studie ønsker se på ét specifikt område, hvor disse problematikker gør sig gældende, nemlig ved brugen af tabeldata på en håndholdt enhed.

Vi er ikke de første, der arbejder med denne problematik. Flere studier før dette har set på forskellige aspekter i tilpasningen af tabeldata til en håndholdt enhed [22., 23]. Et studie af Watters et al stiller tre basale spørgsmål til dette område; Har skærmstørrelsen en effekt på præstationen af tabel opslag? Giver søgefunktionalitet en forbedret ydelse med tabelopslag? og Giver inkluderingen af kontekstuel information en forbedret præstation af

tabelopslag? [22]. Et andet studie af Watters et al sammenligner tre forskellige måder at visualisere tabeller på, herunder deres anvendelse med forskellige opgavetyper [23].

Problematikkerne omkring tabelopslag på en håndholdt enhed med lille skærm, er derfor i nogen grad studeret. Et af de områder der derimod ikke er studeret, er når interaktionen med tabeller bliver udfordret ved fysisk bevægelse. Flere studier har dog forsket indenfor den fysiske bevægelses betydning for interaktion med en håndholdt enhed.

Flere studier har i forskellige brugssituationer vist, at fysisk bevægelse kan medføre en forringet interaktion med en håndholdt enhed [10, 11, 13, 21, 2]. Denne indvirkning opstår primært af to grunde: 1. Fordi brugeren har mulighed for at bevæge sig imellem flere forskellige brugssituationer og dermed forskellige kontekster [8, 9]. 2. Fordi den fysiske bevægelse forårsager rystelser der forplanter sig i enheden, som igen medfører forringet mulighed for interaktion. Vi vil i dette studie fokusere på rystelsernes indvirkning og dermed afgrænse os fra at se på de kontekstuelle indvirkninger [17].

Tidligere studier har i forskellige eksperimenter undersøgt nogle af de indvirkninger mobilitet kan have på interaktion på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse: et studie af tapping under gang viste, at fysisk bevægelse havde en signifikant indvirkning på opgaveløsnings-tider, fejlrate og arbejdsbyrde [10], et studie af interaktionsteknikkerne: Tap-N-Drag, Touch-N-Go og Scrollings effektivitet og brugerpræference under forskellige mobilitetsformer; siddende, stående og gående påpegede, at effektiviteten i brugen af scrollbars under mobilitetsformerne var mindre end ved brug af de to andre interaktionsteknikker [11], et studie påviste at brugerinput via softkeyboard medførte en forøget fejlrate under mobilitet [13], et studie omhandlende brugernes perception af informationer fra skærmen påviste ligeledes en nedsat effektivitet under mobilitet [21] og et studie der undersøgte læseligheden og forståelsen af tekster på en lille skærm viste, at brugernes arbejdsbyrde blev større under fysiske bevægelse [15].

De ovenstående artiklers resultater kan give et fingerpeg om, hvordan fysisk bevægelse generelt indvirker på interaktion med håndholdte enheder, og vi kan ud fra disse resultater have en formodning om en lignende indvirkning på tabeller.

Det specielle ved tabeller er deres stringente opbygning og dertilhørende egenskaber, som medfører en helt unik

repræsentation af data. Disse unikke egenskaber opstår ved, at de forskellige data på række- og kolonneniveau er relateret til hinanden, en relation som gør det muligt at finde, sammenligne og overskue de specifikke data på en måde som ingen anden datarepræsentation giver mulighed for. Foregående studier har dertil vist, at kontekstuel information, herunder række- og kolonnenavne, har en forbedrende effekt på tabellers anvendelighed[22].

Ingen af de førnævnte studier har dog, som nævnt, undersøgt hvordan fysisk bevægelse påvirker interaktion i tabeller, hvilket er interessant, da brugeren i disse situationer også har brug for effektiv interaktion med tabeller. Derfor er det væsentligt og interessevækkende for os, at undersøge hvilke interaktionsteknikker, der er anvendelige til større tabeller under fysisk bevægelse.

Formålet med denne artikel er derfor at præsentere resultaterne af et interaktionseksperiment, der havde til formål at sammenligne forskellige interaktionsteknikker for at undersøge hvilken interaktionsteknik der er mest anvendelig til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse. Definitionen af anvendelighed sker her på baggrund af ovenstående litteratur og skal derfor ses som en kombination af: tidsmæssig effektivitet, subjektiv arbejdsbyrde og fejlrate[17]. Dette er desuden de tre områder, hvor den nævnte litteratur har påvist mobilitetens indvirkning på interaktionen [10, 11, 13, 21, 15]. I dette studie ønsker vi sekundært at undersøge om fysisk bevægelse har en lignende indvirkning på: tidsanvendelse, arbejdsbyrde og antallet af fejl ved interaktionen i en tabel.

Dette eksperiment tager desuden udgangspunkt i et tidligere eksperiment [16], som omhandlede interaktion med mindre tabeller under fysisk bevægelse. Et andet formål med denne artikel er derfor at medvirke til at give svar på, hvilken effekt tabelstørrelsen har på anvendeligheden af interaktionsteknikker til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse.

## 2. Baggrund for udvælgelse af interaktionsteknikker

Vi vil her præsentere den baggrundsviden, som ligger til grund for udvælgelsen af de interaktionsteknikker, der blev sammenlignet i eksperimentet. Denne viden er fremkommet på baggrund af en gennemlæsning af en række relaterede artikler, der hver for sig enten har udviklet eller sammenlignet interaktionsteknikker til brug på håndholdte enheder.

*2.1 Scrolling:* er en af de mest almindelige og velkendte interaktionsteknikker. Scrolling kan dog på en PDA forekomme problematisk på grund af scrollbarrernes størrelse[9]. Flere studier har i deres undersøgelser alligevel valgt at medtage Scrolling som en benchmark [11, 19, 3, 23, 1, 25], og resultaterne viser her at anvendeligheden af Scrolling blev overgået af Touch-N-Go, Panorering[11] og Fiskeøje[23]. Et af problemområderne med Scrolling var, at scrollbarrerne ikke kan anvendes simultant og derfor ikke understøtter tovejsinteraktion [12].

*2.2 Panorering:* er en interaktionsteknik hvor brugeren via PDApenen kan navigere ved at panorere med indholdet.

Panorering er blandt andet kendt fra forskellige billedredigeringsapplikationer, hvor teknikken bruges når et billede er større end skærmområdet. Der findes flere forskellige former for panorering, og et studie af Johnson [7] undersøgte og sammenlignede forskellige panoreringsteknikker, hvor resultatet viste, at "Panning by pushing the background" var overlegen i både præstation og brugerpræference. Et eksperiment af Gutwin og Fedak[5] sammenlignede Panorering med forskellige zoomteknikker og Fiskeøje. Resultatet viste, at Fiskeøje var mere anvendelig end Panorering. Panorering er desuden begrænset ved, at den enkelte navigeringsdistance er begrænset af skærmstørrelsen. Derved påkræves flere interaktioner for at navigere rundt på et stort område[12].

*2.3 Touch-N-Go:* er en interaktionsteknik udviklet af Mackay et al [12], og er en ny teknik til navigering, som tager udgangspunkt i Panorering. Teknikken skulle samtidig eliminere de eksisterende ulemper ved Scrolling og Panorering. Touch-N-Go giver mulighed for navigation i alle retninger med variabel hastighed[12], hvor retning og hastighed bliver udregnet på baggrund af, hvor brugeren trykker i forhold til skærmens centrum[12]. Et studie af Watters et al [11,12] påviste, at brugerne fandt Touch-N-Go anvendelig i flere mobile brugssituationer[11].

*2.4 Fiskeøje:* er en visualiseringsteknik, som bygger på en grundlæggende forståelse omkring vigtigheden af konteksten set i forhold til fokus på detaljen. Dele af den første HCIforskning indenfor området blev udført af Spencer og Apperley [26], som præsenterede konceptet "Bifocal Display": en teknik der giver et "forvredet" billede af informationerne. Således bliver data der er i fokus forstørret, mens konteksten bliver mindre. En videreudvikling af denne teknik blev introduceret af Furnas [4], hvor teknikken opnåede en bedre balance mellem lokal detalje og global kontekst, kaldet "Generalized Fisheye Views". Denne fiskeøjetechnik har været anvendt flere forskellige steder, et af de mest anvendte eksempler findes i Rao og Stuarts "Tabel Lens" [18].

## 3. Eksperimentets metode

Formålet med eksperimentet var at finde den mest anvendelige interaktionsteknik til brug i større tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse. Dette blev udført ved at måle den tid en række testdeltagere anvendte til at løse fire delopgaver i en tabel på en PDA mens de gik på et løbebånd, og derefter ved at måle testdeltagerens subjektive vurdering af arbejdsbyrden.

### 3.1 Design

Eksperimentet blev udformet som et laboratorieeksperiment hvor fire interaktionsteknikker blev sammenlignet ved to forskellige mobilitetsformer.

#### 3.1.1 Mobilitetsformer

*Mobil:* Den fysiske bevægelse blev simuleret ved hjælp af et løbebånd. For at fordre en mere naturlig gang, som ikke blev mekanisk havde løbebåndet variabel hastighed. Testdeltageren gik på løbebåndet med PDA'en i hånden.



*Stationær:* Testdeltagerne var i dette forhold siddende ved et bord med PDA'en liggende foran sig. Dette forhold blev brugt som et sammenligningsgrundlag til den fysiske bevægelse.

### 3.1.2 Interaktionsteknikker

Implementeringen af interaktionsteknikkerne, der bliver sammenlignet i eksperimentet, tager alle udgangspunkt i baggrundslitteraturen beskrevet i forrige afsnit om udvælgelsen af interaktionsteknikker.

#### *Scrolling (Scroll):*

Teknikken fungerede med de fra Windows kendte standard scrollbar. Den vandrette og lodrette scrollbar var placeret nederst i højre side af skærmen, og udgjorde 4 % af højden/bredden. Den specifikke implementering bevirkede desuden, at kolonne- og rækkenavnene ikke længere var synlige, hvis brugeren scrollede ned eller til højre. Scrolling var implementeret i html.

#### *Panorering (Pan):*

Fungerede ved at testdeltagerne trykkede på skærmen med pennen, og ved at trække med denne var det muligt at navigere tabellen i samme retning. Tabellens kolonne- og rækkenavn var fastlåst, så testdeltagerne kunne se dem til enhver tid. Panorering var implementeret i Adobe Flash.

#### *Tap-N-Go (Tap):*

Denne teknik tager udgangspunkt i teknikken Touch-N-Go, men navnet er ændret til Tap-N-Go, da teknikken er tilpasset den mulige implementering i dette eksperiment. Interaktionsteknikken fungerede ved at testdeltagerne trykkede relativt i forhold til centrum af PDA-skærmen, for derved at navigere tabellen i den ønskede retning. Tabellens kolonne- og rækkenavn var som ved Panorering låste. Tap-N-Go var implementeret i Adobe Flash.

#### *Fiskeøje(Fisk):*

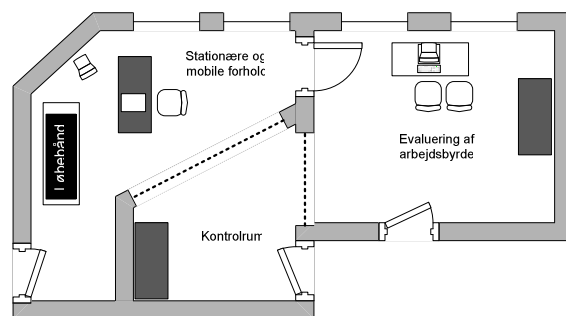
Fungerede ved at en tabel var tilpasset skærmen, så alle rækker og kolonner kunne ses på ét skærmbillede. Ved at trykke et sted i tabellen var det muligt at ekspandere en given kolonne og fem datarækker, og derved synliggøre de data opgaven krævede. Fiskeøje teknikken var implementeret i Adobe Flash.

### 3.2 Testdeltagerne

Eksperimentet blev udført som et balanceret withinsubjekt[24] design med otte højrehåandede mandlige studerende fra Aalborg Universitet. Gennemsnitsalderen var ved eksperimentet 26,3 år og deltagerne havde blandet erfaring i brugen af en PDA. Designet af eksperimentet medførte blandt andet, at det ikke er muligt direkte at påvise en eventuel effekt af øvelse, da eksperimentet kun er balanceret i forhold til interaktionsteknikkerne og mobilitetsforholdene.

### 3.3 Materialer og lokaler

Eksperimentet blev udført i et brugervenlighedslaboratorium ved Institut for Datalogi på Aalborg Universitet. Testen af interaktionsteknikkerne og arbejdsbyrden forgik i separate rum.



Figur 1 - Brugervenlighedslaboratoriet

#### 3.3.1 PDA'en

PDA'en der blev anvendt i eksperimentet var en HP-IPAQ 6915 med tilhørende pen og skærm på 250x250 pixels. Alle interaktionsapplikationerne blev eksekveret i Mobile Internet Explorer til Windows Mobile 5.0 i fuldskærm.

#### 3.3.2 Løbebåndet

Løbebåndet var et Ergo-Form IMT 7500 med en løbeflade på 52 x 155 cm. Løbebåndet var programmeret til at køre med en hastighed på mellem 2 og 4 km/t og ændrede hastighed hvert halve minut op eller ned med 0,5 eller 1 km/t. Denne ændring blev foretaget automatisk og testdeltagerne blev ikke varslet på nogen måde.

#### 3.3.3 Testopgaverne

I interaktionstesten var der fire forskellige delopgaver, der skulle løses i hvert af de otte forhold i otte forskellige tabeller. Opgaverne skulle symbolisere otte forskellige drenges salg af æg i juni måned igennem 20 år. Da drengene altid solgte mellem 100 og 1000 æg indeholdte hver af de 600 celler et tre cifret tal. De fire delopgaver havde en identisk opbygning og blev formuleret så de passede til hver af de otte tabeller. Opbygningen af delopgaverne afspejlede typisk interaktion med tabeller [23, 20, 14].

*Simpelt opslag (A):* Hvor mange æg solgte Peter den 15. juni 1986?

*Rækkesammenligning(B):* Hvilket år solgte Peter flest æg den 28. juni?

*Kolonnesammenligning(C):* Hvilken dag solgte Peter færrest æg i 1992?

*Komplekssammenligning(D):* Hvilken dag solgte Peter flest æg hvis du sammenligner 1993 og 1997?

Figur 2: Eksempel på opgaver i eksperimentet

### 3.4 Procedure

Eksperimentet var delt op i fire faser der blev gennemført med to testpersoner af gangen:

1. Introduktion
2. Udførelsen af interaktionstest
3. Vurdering af arbejdsbyrde
4. Debriefing.

Fase 2 og fase 3 blev skiftevis udført så den enkelte testdeltager kom igennem alle de otte forskellige forhold.

Testdeltagerne brugte gennemsnitligt halvanden time på at udføre eksperimentet.

### Introduktion

Testdeltageren blev budt velkommen, hvorefter testlederen introducerede selve eksperimentet og de fire interaktionsteknikker. Testdeltageren fik herunder udleveret PDA'en og fik mulighed for kort at afprøve de fire forskellige teknikker. Testdeltageren fik desuden en kort tur på løbebåndet, for herigennem at få fortrolighed omkring anvendelsen og sikkerheden af dette.

### Udførelsen af interaktionstest

*Mobile forhold:* Under disse forhold blev testdeltageren bedt om at stille sig op på løbebåndet, hvorefter dette blev startet.

Testdeltageren blev dernæst præsenteret for den første af de fire delopgaver på en monitor i læsbar afstand fra løbebåndet. Når testdeltageren havde givet udtryk for at opgaven var læst og forstået overrakte testlederen PDA'en til testdeltageren. Testlederen havde i mellemtiden klargjort testapplikationen. Testdeltageren trykkede derefter på opdater for at starte tidtagningen, løste opgaven, trykkede igen opdater for at stoppe tiden og sagde derefter svaret højt til testlederen. Herefter fik testlederen PDA'en tilbage, og forløbet blev gentaget med den næste delopgave. Løbebåndet blev først stoppet efter udførelsen af de fire delopgaver, og testdeltagerne fik ikke oplyst om svarene var korrekte.



Figur 3: Mobile og stationære forhold

*Stationære forhold:* Under disse forhold sad testdeltageren på en stol ved et bord med PDA'en liggende fladt foran sig på bordet.

Testdeltageren blev som i det mobile forhold præsenteret for den første af de fire delopgaver. Når testdeltageren havde givet udtryk for at opgaven var læst og forstået, lagde testlederen PDA'en med den klargjorte testapplikation foran testdeltageren, som udførte og løste opgaverne på samme måde som i det mobile forhold.

### Vurdering af arbejdsbyrde

Den subjektive arbejdsbyrde blev målt ved hjælp af NASA-TLX testen[6], og blev udført umiddelbart efter fase 2. Arbejdsbyrdetesten blev udført i et tilstødende lokale, hvor testen var blevet implementeret på en PC og oversat til

dansk. Alle testpersoner blev før deres første arbejdsbyrdetest introduceret til testen, og fik forklaret hvordan de forskellige begreber i testen skulle forstås. Begreberne i testen var desuden formuleret skriftligt og blev udleveret til testdeltagerne, så de igennem hele testen havde mulighed for at støtte sig til dette.

### Debriefing

Efter udførelsen af samtlige interaktionstests og tilhørende vurdering af arbejdsbyrde, fik testpersonen udleveret et skema, som skulle klarlægge testdeltagerens forskellige demografiske værdier. Testdeltagerne blev desuden bedt om at vurdere deres erfaring med en PDA som følgende; ingen, begynder, let øvet, erfaren, eller meget erfaren. Slutteligt blev testdeltageren bedt om at svare på, hvilken interaktionsteknik han ville foretrække at anvende.

### 3.5 Dataindsamling

Eksperimentets primære mål var at udføre målinger af den tid testdeltagerne anvendte på at løse de forskellige delopgaver, herunder at finde den interaktionsteknik, som bedst fordrede interaktion i tabellen. Samtidig blev de forskellige opgavebesvarelser indsamlet for herunder at måle korrektheden. Sekundært blev de enkelte testdeltageres vurdering af den subjektive arbejdsbelastning under de forskellige forhold logget som metoden foreskriver[6]. Den overordnede anvendelighed udgøres derfor af tidsanvendelsen, korrektheden og arbejdsbelastningen.

Tidsmålingerne blev udført med et elektronisk timestamp, som startede idet en testdeltager havde læst og forstået testopgaven og derefter trykkede opdater med pennen. Tiden stoppede når testdeltageren igen trykkede opdater. Yderligere blev alle testsessionerne videofilmet, så det var muligt at verificere tidsanvendelsen, hvis testdeltageren skulle glemme at trykke på opdater. Svarene til de enkelte delopgaver blev registreret manuelt ved at testlederen noterede dem. I arbejdsbyrdetesten blev alle data logget med en dertil udarbejdet elektronisk version af NASA-TLX testen.

## 4. Resultater:

Det primære grundlag for sammenligningen af de fire interaktionsteknikker beror på den tid testdeltagerne anvendte til at udføre de forskellige testopgaver. Den gennemsnitlige tidsanvendelse i eksperimentet blev analyseret ved brug af en fire (Interaktionsteknikker) x to (Mobilitetsforhold) data spredningsanalyse (Anova). Analysen præsenterer først resultaterne af de fire delopgaver samlet, og derefter analyseres delopgaverne en for en.

Dernæst følger en analyse af resultaterne fra arbejdsbyrdetesten, som ligeledes bliver analyseret ved hjælp af Anova analysen. Første del af analysen består af den samlede arbejdsbyrde, mens den anden del undersøger nogle af de faktorer arbejdsbyrden består af.

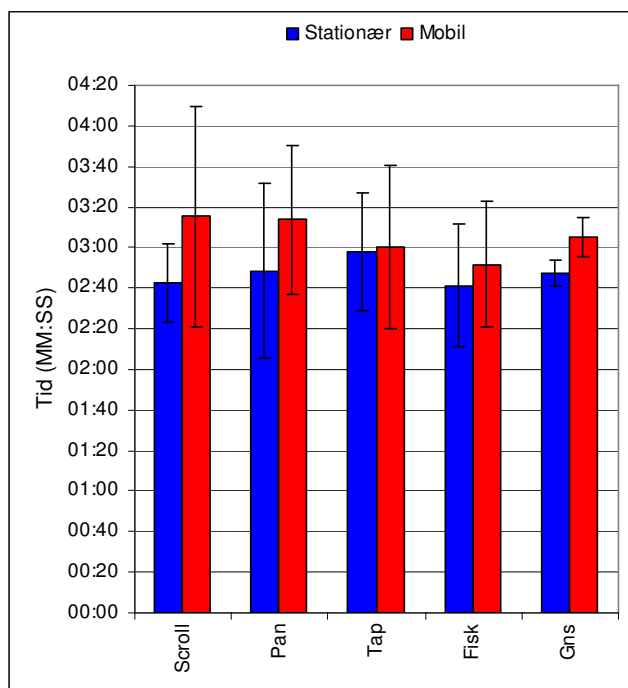
Endeligt analyseres fejlraten af testdeltagerens opgave besvarelser ved brug af en Fisher's exact test.

#### 4.1 Den samlede tidsanvendelse

Resultaterne af den samlede tidsanvendelse af de fire delopgaver kan findes i Figur 4, som præsenterer testdeltagernes gennemsnitlige tidsanvendelse i de otte forhold. Her ses en indikation på, at Fiskeøje var den hurtigste interaktionsteknik under fysisk bevægelse

En Anova analyse af resultaterne af det mobile forhold viser imidlertid, at interaktionsteknikkerne ikke har en signifikant effekt på tidsanvendelsen ( $F[3,21] = 0,813$   $p < 0,501$ ). Den manglende signifikans bevirker dermed, at eksperimentet ikke påviser hvilken interaktionsteknik, som tidsmæssigt var mest anvendelig til samlet at udføre delopgave A, B, C og D. Dette beror på, at testdeltagernes tidsanvendelse i de forskellige forhold var meget forskellige, dertil var der en væsentlig standardafvigelse i tidsanvendelse i de enkelte forhold.

Den manglende signifikans underbygges endvidere af Anova analysens parvise sammenligning, der kun viser en signifikant forskel mellem interaktionsteknikkerne i 2 ud af 28 mulige tilfælde, nemlig mellem Fiskeøje i det stationære forhold og Panorering i det mobile forhold ( $t[7]=2,57$   $p < 0,037$ ) og mellem Panorering i det stationære forhold og Panorering i det mobile forhold ( $t[7]=2,68$   $p < 0,031$ ).



Figur 4: Gennemsnitlig tidsanvendelse i de otte forhold

Anderledes ser det ud ved Anova analysen af den fysiske bevægelses indvirkning på tidsanvendelsen. Her viser det sig, at den fysiske bevægelse har en signifikant effekt på tidsanvendelsen ( $F[1,7] = 6,64$   $p < 0,037$ ). Dette påviser, at testdeltagernes fysiske bevægelse medfører en forøgelse af tidsanvendelsen. Tabel 1 viser den procentmæssige forøgelse mellem interaktionsteknikkerne i henholdsvis det stationære og det mobile forhold.

Interaktionsteknik	Forøgelse
Scrolling	19,97 %
Panorering	14,91 %
Tap-N-Go	1,41 %
Fiskeøje	6,52 %
Gennemsnit	10,70 %

Tabel 1: Forøgelse i tidsanvendelsen mellem stationært og mobilt forhold

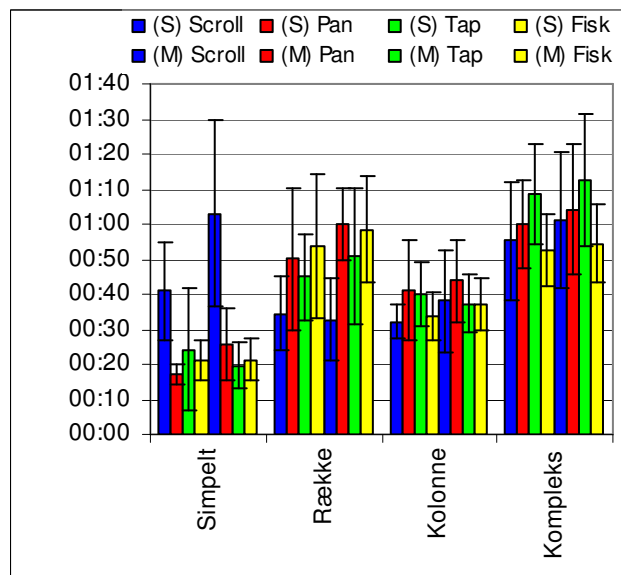
Som det fremgår af Tabel 1, havde Scrolling den største forøgelse, hvilket vil sige, at det er den teknik, der er mest påvirket af fysisk bevægelse. Dette bevirker, at teknikken går fra at være en af de hurtigste teknikker til at være den langsomste. Tap-N-Go havde de mindste forøgelser, og ser derfor ud til i mindre grad at være påvirket af fysisk bevægelse.

Slutteligt viser Anova analysen, at der ikke kan påvises en signifikant effekt af samspillet mellem fysisk bevægelse og interaktionsteknikkerne (Interaction effekt) ( $F[3,21] = 0,626$   $p < 0,606$ ). Dermed kan eksperimentet ikke påvise, at kombinationen af interaktionsteknikker og mobilitetsforhold har haft en signifikant indvirkning på tidsanvendelsen.

#### 4.2 Tidsanvendelsen til delopgaverne

Da det ikke var muligt at finde nogen signifikant effekt på tidsanvendelsen ved de forskellige interaktionsteknikker, vil den næste del af analysen gennemgå de fire delopgaver for en signifikant effekt af interaktionsteknikkerne.

Den gennemsnitlige tidsanvendelse af de forskellige delopgaver er præsenteret i Figur 5, hvor det fremgår, at de forskellige interaktionsteknikker havde en forskellig tidsanvendelse til de forskellige delopgaver.



Figur 5: Tidsanvendelse og delopgaver

#### Delopgave A – Simpelt opslag

En analyse af tidsanvendelse til delopgave A viser, at interaktionsteknikkerne har en signifikant effekt på tidsanvendelsen ( $F[3,21] = 20,6$   $p < 0,001$ ). Dermed kan det

her påvises, at Tap-N-Go tidsmæssig var mest anvendelig til simpelt opslag ved fysisk bevægelse.

Det er samtidig interessant, at Scrolling var den langsomste interaktionsteknik til delopgave A, og at tidsanvendelsen adskilte sig væsentligt fra de andre teknikker i begge mobilitetsforhold. En parvis analyse af Scrolling og de andre interaktionsteknikker påviser også, at tidsanvendelsen med Scrolling i det mobile forhold var signifikant større end Panorering ( $t[7]=3,33$   $p=0,013$ ), Tap-N-Go ( $t[7]=4,39$   $p=0,003$ ) og Fiskeøje ( $t[7]=4,20$   $p=0,004$ ). Der blev ikke fundet nogen indbyrdes signifikant effekt mellem nogle af de andre interaktionsteknikker.

#### Delopgave B - Rækkesammenligning

Som Figur 5 viser, havde Scrolling den laveste tidsanvendelse til delopgave B. Analysen af tidsanvendelsen viser at interaktionsteknikkerne havde en signifikant effekt på tidsanvendelsen ( $F[3,21] = 7,08$   $p<0,002$ ). Dermed kan det her påvises, at Scrolling tidsmæssig var mest anvendelig til rækkesammenligning ved fysisk bevægelse.

Den parvise analyse af tidsanvendelse til delopgave B i det mobile forhold viser ligeledes, at Scrolling var signifikant hurtigere end Panorering ( $t[7]=5,67$   $p<0,001$ ), Tap-N-Go ( $t[7]=3,36$   $p<0,012$ ) og Fiskeøje ( $t[7]=3,31$   $p<0,013$ ).

#### Delopgave C - Kolonnesammenligning

Tidsanvendelsen til delopgave C er forholdsvis identisk ved de fire interaktionsteknikker i det mobile forhold. Der forekom således kun en gennemsnitlig varians på 6 sekunder mellem dem. Dertil var der kun imellem Tap-N-Go, Fiskeøje og Scrolling en varians på ét sekund. Dette medvirker til, at det ikke kan påvises, at interaktionsteknikkerne havde en signifikant effekt på tidsanvendelsen i delopgave C. Dermed kan eksperimentet ikke vise hvilken af de fire interaktionsteknikker, der var tidsmæssig mest anvendelig til kolonnesammenligning ( $F[3,21] = 1,93$   $p<0,155$ ).

#### Delopgave D – Komplex kolonnesammenligning

Delopgave D var den opgave, som overordnet set var langsomst at løse. Hvilket også var forventeligt, da den var udformet som den mest krævende opgave. Som det fremkommer af Figur 5, var Fiskeøje her den hurtigste teknik, mens Tap-N-Go var den langsomste i det mobile forhold. Herunder viser analysen, at interaktionsteknikkerne havde en signifikant effekt på tidsanvendelsen ( $F[3,21] = 3,90$   $p<0,023$ ). Dermed kan det påvises, at Fiskeøjeteknikken tidsmæssig var mest anvendelig til kompleks kolonnesammenligning ved fysisk bevægelse.

Den parvise analyse påviser dog kun, at Fiskeøje i det mobile forhold var signifikant hurtigere end Tap-N-Go ( $t[7]=3,08$   $p<0,018$ ).

#### 4.3 Opsamling på tidsanvendelsen

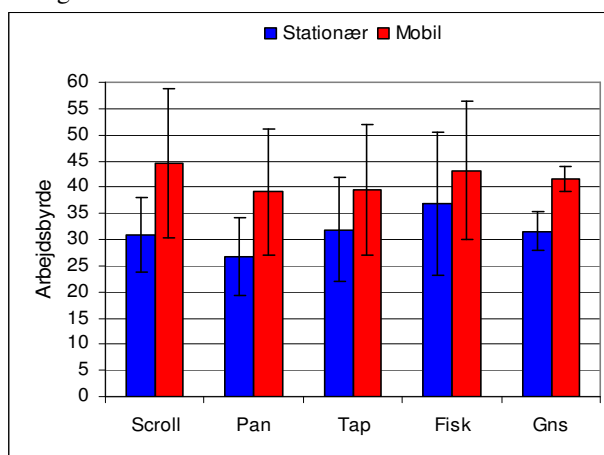
Analysen af tidsanvendelsen giver ikke noget entydigt svar på hvilken interaktionsteknik, der tidsmæssigt var mest anvendelig. Eksperimentet indikerer dog, at en interaktionsteknik skal vælges på baggrund af opgavetyper.

Således var Tap-N-Go hurtigst til delopgave A, Scrolling til delopgave B og Fiskeøje til delopgave D.

Hvad angår indvirkningen af den fysiske bevægelse, viser analysen at den fysiske bevægelse har en forøgende indvirkning på tidsanvendelsen (10,70 %). Denne indvirkning er dog størst ved Scrolling (19,97 %) og knapt eksisterende ved Tap-N-Go (1,41 %).

#### 4.4 Analysen af den samlede arbejdsbyrde

Anova analysen af den gennemsnitlige arbejdsbyrde i de fire mobilitetsforhold, som ses i Figur 6, viser at interaktionsteknikkerne ikke havde en signifikant effekt på arbejdsbyrden ( $F[3,21] = 0,530$   $p<0,667$ ). Dermed kan eksperimentet ikke påvise, hvilken interaktionsteknik der havde den laveste/højeste arbejdsbyrde under fysisk bevægelse.



Figur 6: Gennemsnitlig arbejdsbyrde i de otte forhold

En parvis analyse af resultaterne mellem de forskellige interaktionsteknikker i det mobile forhold, viste heller ingen signifikant forskel i arbejdsbyrden mellem interaktionsteknikkerne i det mobile forhold.

En Anova analyse af den gennemsnitlige arbejdsbyrde i de otte forhold viser derimod, at den fysiske bevægelse har en signifikant effekt på arbejdsbyrden ( $F[1,7] = 28,8$   $p<0,002$ ). Dermed har den fysiske bevægelse i eksperimentet medført en forøgelse i arbejdsbyrden.

Interaktionsteknik	Forøgelse i arbejdsbyrden
Scrolling	44,34 %
Panorering	46,56 %
Tap-N-Go	17,31 %
Fiskeøje	23,37 %
Gennemsnit	32,89 %

Tabel 2: Arbejdsbyrdeforøgelsen mellem stationær og mobil

Den gennemsnitlige forøgelse af arbejdsbyrde mellem det stationære og det mobile forhold er præsenteret i Tabel 2, hvor det fremgår at den fysiske bevægelse havde størst indvirkning på Scrolling og Panorering og at Tap-N-Go var mindst påvirket.

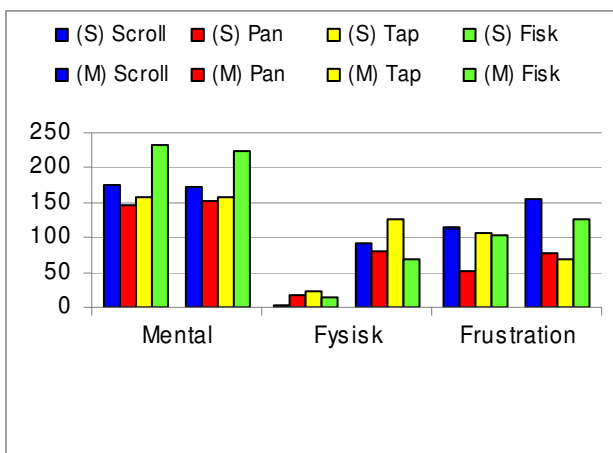
Den parvise analyse påviser kun, at forøgelsen var signifikant for Scrolling ( $t[7]=3,01$   $p<0,020$ ) og Panorering ( $t[7]=2,70$   $p<0,031$ ). Hvorimod forøgelsen ved Tap-N-Go

( $t[7]=1,90$   $p<0,099$ ) og Fiskeøje ( $t[7]=1,45$   $p<0,1913$ ) ikke var signifikant.

Slutteligt viser Anova analysen, at der ikke kan påvises en signifikant effekt af samspillet mellem fysisk bevægelse og interaktionsteknikkerne (Interaction effekt) ( $F[3,21] = 0,625$   $p<0,607$ ). Dermed kan eksperimentet ikke påvise, at kombinationen af interaktionsteknikker og mobilitetsforhold har haft en signifikant indvirkning på arbejdsbyrden.

#### 4.5 Faktorer i arbejdsbyrde

Da det ikke var muligt at påvise, at interaktionsteknikkerne havde en samlet signifikant effekt på arbejdsbyrden, vil vi i dette afsnit præsentere en analyse af 3 af de 6 faktorer, der udgør den samlede arbejdsbyrde. Vi har her udvalgt de mentale, de fysiske og de frustrationsmæssige faktorer, da de havde den største varians og dermed gav mulighed for at sige noget om de enkelte faktorer.



Figur 7: Den opdeltede arbejdsbyrde (S)=siddende og (M)=gående

Anova analysen af den mentale påvirkning viser, at interaktionsteknikkerne har en signifikant effekt på de mentale faktorer i arbejdsbyrden ( $F[3,21] = 3,23$   $p<0,043$ ). Som det ses i Figur 7 har Fiskeøjetechnikken medført væsentlig større mental arbejdsbyrde, hvilket indikerer, at denne teknik krævede flere mentale ressourcer. Dette ses også i den parvise analyse, hvor Fiskeøjetechnikken var signifikant forskellig fra Panorering ( $t[7]=3,85$   $p<0,006$ ) og Tap-N-Go ( $t[7]=3,00$   $p<0,02$ ).

En videre analyse påviser også, at den fysiske bevægelse har indvirkning på de fysiske krav. Det er her ganske tydeligt, at den fysiske bevægelse forøger de fysiske krav ( $F[1,7] = 34,1$   $p<0,001$ ). Samlet var interaktionsteknikkerne derimod ikke signifikant forskellige ( $F[3,21] = 2,29$   $p<0,108$ ). Den parvise analyse viser dog en signifikant forskel i det mobile forhold imellem Tap-N-Go og Fiskeøje ( $t[7] = 3,00$   $p<0,02$ ).

Slutteligt viser frustrationsfaktoren, at hverken interaktionsteknikkerne ( $F[3,21] = 1,76$   $p<0,186$ ) eller den fysiske bevægelse ( $F[1,7] = 0,986$   $p<0,354$ ) har nogen signifikant effekt. Analysen kan derfor ikke påvise nogen effekt, selvom det ser ud til, at Scrolling og Fiskeøje giver anledning til større frustration i det mobile forhold end både Panorering og Tap-N-Go, se Figur 7.

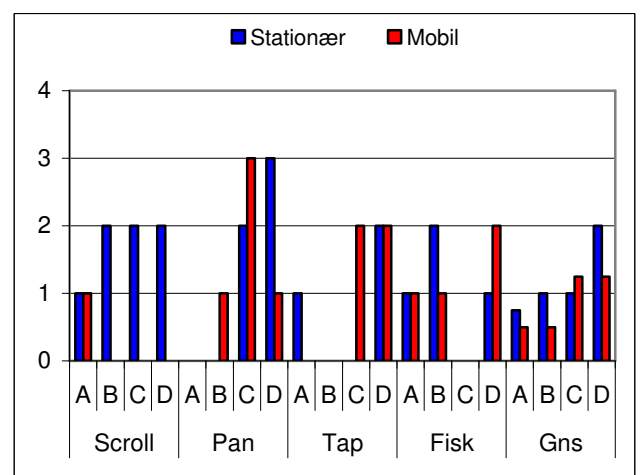
#### 4.6 Opsamling på arbejdsbyrden

Analysen af den samlede arbejdsbyrde viser, at eksperimentet ikke kan fastslå hvilken interaktionsteknik, som havde den mindste/største arbejdsbyrde. Den parvise analyse viser dog, at Scrolling (44,34 %) ( $t[7]=3,01$   $p<0,020$ ) og Panorering (46,56 %) ( $t[7]=2,70$   $p<0,031$ ) havde en signifikant højere arbejdsbyrde i det mobile forhold kontra det stationære forhold. Der forekom ingen signifikant forskel ved Tap-N-Go ( $t[7]=1,90$   $p<0,099$ ) og Fiskeøje ( $t[7]=1,45$   $p<0,191$ ).

Analysen af den mentale faktor viser desuden, at teknikkerne var signifikant forskellige og at Fiskeøje havde den største mentale arbejdsbyrde. Analysen af den fysiske faktor viste ingen signifikant forskel ved teknikkerne, men påviste en signifikant effekt af den fysiske bevægelse, hvormed mobiliteten medførte en væsentlig højere vurdering af den fysiske arbejdsbyrde. Det lykkedes dog ikke at finde nogen signifikant ændring i frustrationsfaktoren, selvom vores data indikerede, at denne faktor var større ved Scrolling og Fiskeøje end ved Panorering og Tap-N-Go.

#### 4.7 Korrekthed

En gennemgang af testdeltagernes opgavebesvarelser viste, som det fremgår af Figur 8, at der var fejlbesvarelser i 33 ud af de 256 delopgaver. Fishers exact test viser, at den fysiske bevægelse ikke havde en signifikant effekt på antallet af fejl ( $P=0,456$ ). Derved viser resultaterne af eksperimentet, at den fysiske bevægelse ikke nødvendigvis medfører flere fejl.



Figur 8: Antal fejl i de 8 forhold

En parvis analyse viser hertil, at interaktionsteknikkerne ikke har en signifikant effekt på antallet af fejl, Scrolling ( $p=0,053$ ), Panorering ( $p=1,00$ ), Tap-N-Go ( $p=1,00$ ) og Fiskeøje ( $p=1,00$ ).

## 5. Kommentarer fra testdeltagerne

Testdeltagerne blev efter eksperimentet bedt om at udvælge den interaktionsteknik, de foretrak at anvende. Resultaterne af denne undersøgelse er præsenteret i Tabel 3, hvor det fremgår, at fleste foretrak Panorering, mens Scrolling havde den laveste tilslutning.

Testdeltagerne blev dernæst bedt om at uddybe deres valg. Her fremkom det, at nogle af testdeltagerne syntes det var problematisk, at Scrolling ikke havde fastlåste kolonne- og række-navne, og det var derfor ofte nødvendigt at scrolle tilbage for at verificere den rigtige kolonne eller række.

Interaktionsteknik	Foretrukken interaktionsteknik
Scrolling	0
Panorering	5
Tap-N-Go	2
Fiskeøje	1

Tabel 3: Testdeltagernes foretrukne interaktionsteknik

Endvidere tilkendegav nogle, at de fandt det problematisk, at Tap-N-Go var sensitivt med hensyn til tryk på skærmen. Et problem som opstod når testdeltageren anvendte pennen som pejlemarkør – ganske som når en finger anvendes til hurtigt at gennemse en tekst for et bestemt indhold. Derved kom de ubevidst til at trykke på skærmen, så tabellen flyttede sig uhensigtsmæssigt. Gennemgangen af videooptagelserne viste desuden, at anvendelsen af pejlemarkør også foregik både med Scrolling og Panorering, men at det her ikke medførte problemer.

Testdeltagernes manglende valg af Fiskeøje blev af flere begrundet med, at de ikke fandt at teknikken var intuitiv. Flere mente Fiskeøje ville kræve en del tilvænning for at fungere optimalt. En enkelt testdeltager fremsagde i modsætning hertil, at Fiskeøje muliggjorde hurtig og præcis interaktion, idet det var muligt at tilgå de ønskede informationer med et minimalt antal tryk.

## 6. Diskussion

Vi vil i dette afsnit opsummere og diskutere vores resultater, og sætte nogle af dem i forhold til de resultater, som lignende studier er fremkommet med.

### 6.1 Anvendeligheden af interaktionsteknikkerne

Et af målene med eksperimentet var at finde den mest anvendelige interaktionsteknik til brug i tabeller på håndholdte enheder under fysisk bevægelse. Analysen af eksperimentets resultater viser dog, at der ikke findes noget entydigt svar på dette, hverken hvad angår tid, arbejdsbyrde eller fejlrate.

Tidsanvendelsen gav ikke noget generelt svar, men gav en indikation på, at valget af interaktionsteknikken skal ske på baggrund af opgavetyper. Således var Tap-N-Go hurtigst til de simple opslag, Scrolling til rækkesammenligning og Fiskeøje viste sig bedst i den komplekse kolonnesammenligning. Analysen af arbejdsbyrden viste overordnet heller ingen forskel på de fire teknikker, men viste dog, at Fiskeøjeteknikken krævede flere mentale ressourcer end de andre teknikker. Fejlraten kunne ikke fortælle noget om anvendeligheden. Dermed kan

resultaterne fra [16] ikke overføres på større tabeller, og tabelstørrelsen ser derfor ud til at have en indvirkning på anvendeligheden af interaktionsteknikkerne.

Det er dog en interessant observation, at lidt over halvdelen af testdeltagerne foretrak at anvende Panorering, selvom den ikke skilte sig ud i eksperimentets resultater. På den anden side er det også interessant, at ingen valgte Scrolling, selvom det er en kendt og meget brugt teknik.

### 6.2 Effekten af fysisk bevægelse

Et andet mål med studiet var at undersøge den fysiske bevægelses indflydelse. Resultaterne af vores eksperiment understøtter vores hypotese om, at fysisk bevægelse har en effekt. Dette ses blandt andet ved en sammenligning af tidsmålingerne og arbejdsbyrdemålingerne fra de stationære og mobile forhold. Her fremgår det, at den gennemsnitlige tidsanvendelse blev forøget med 10,70 % og arbejdsbyrden blev forøget med 32,89 %. Den sidste hypotese, der omhandlede at fysisk bevægelse også vil frembringe en større fejlrate, kan eksperimentet ikke verificere.

Disse resultater stemmer i nogen grad overens med relaterede undersøgelser, som i deres studier har påvist, at fysisk bevægelse har en indvirkning på interaktion med en håndholdt enhed [10, 11, 13,21].

Dette gjorde sig derimod ikke gældende ved eksperimentets korrekthedsdata, hvilket i nogen grad var overraskende. Dette står samtidig i kontrast til resultaterne i [15], der konkluderer at den visuelle præstation er forringet ved fysisk bevægelse.

### 6.3 Fiskeøjeteknikkens resultater.

Af de fire interaktionsteknikker, som blev sammenlignet i eksperimentet, var det Fiskeøje der adskilte sig mest, ved at teknikken modificerer den visuelle udformning af tabellen. Derfor ville det umiddelbart forekomme forventeligt, at ingen af testdeltagerne havde kendskab til teknikken, og denne manglende erfaring kunne samtidigt resultere i, at testdeltagerne ikke ville opnå den potentielle anvendelighed. Dette hænger sammen med, at testdeltagerne skulle anvende tidsmæssige og kognitive ressourcer på at blive familiære med teknikken.

Flere af resultaterne er interessante i forhold til resultaterne fra [23], der blandt andet sammenligner Scrolling og en form for Fiskeøje til brug i tabeller. Her fremkommer det også, at Scrolling kan være problematisk, da brugeren har svært ved at overskue dataene i en tabel, når række- og kolonnenavnene ikke længere er synlige [23]. Resultaterne fra vores eksperiment understøtter, at Fiskeøje på nogle områder er anvendelig i en tabel, dette også under fysisk bevægelse.

### 6.4 Erfaring med opgaverne

Eksperimentets mangel på signifikante data, kan blandt andet tilskrives den store spredning af tidsmålingerne i de forskellige opgaver. Eksperimentet var designet på en sådan måde, at der i hvert af de otte forhold skulle løses otte forskellige opgavesæt. For at få signifikante målinger er det nødvendigt med så lille spredning i tidsmålingerne som muligt. Opgavesættene var derfor designet så ens som

muligt, således at de gav så identiske målinger som muligt. Der var dog stadig mulighed for, at de forskellige opgavesæt kunne medføre forskellige tider. Blandt andet kunne det være forventeligt, at opgaverne blev udført hurtigere og hurtigere på grund af faktorer som øvelse og, fortrolighed med eksperimentet, herunder den generelle anvendelse af PDA'en. Det er derfor interessant at se nærmere på forskellen i tidsanvendelsen til at løse de forskellige opgavesæt, herunder om der er en tendens til at de sidste opgavesæt blev løste hurtigere end de første. Tabel 4 præsenterer resultatet af denne undersøgelse.

Opgavesæt	Tidsanvendelse
Opgave 8	20:51
Opgave 7	22:52
Opgave 2	22:59
Opgave 3	23:15
Opgave 4	24:02
Opgave 6	24:14
Opgave 5	24:35
Opgave 1	25:21

Tabel 4: Samlede tidsanvendelse til de 8 opgaver

Undersøgelsen viser tydelig, at opgave 1 var langsomst mens opgave 8 var hurtigst. Hvilket umiddelbart påviser, at der er forskellige faktorer der påvirker tidsanvendelsen. Dette bliver dog ikke underbygget af de mellemliggende tidsanvendelser, der forekommer mere tilfældigt fordelt. Eksempelvis var opgave 2 og 7 næsten lige hurtige, hvilket taler imod faktorerens indvirkning på tidsmålingerne. I en vis grad kan det derfor konkluderes, at de enkelte opgavesæt ikke har været udsat for en betydelig påvirkning af de førnævnte faktorer.

### 6.5 Erfaring med interaktionsteknikkerne

En anden faktor, der kan have haft indvirkning på den manglende signifikans, er at tiden hvormed testdeltagerne løste opgaverne, kunne være påvirket af testdeltagerens erfaring med brugen af interaktionsteknikkerne. Således ville testdeltagerne efter den første anvendelse have opnået en større fortrolighed med en given teknik, og derfor sandsynligvis præstere bedre ved den næste anvendelse af teknikken. En sådan faktor kunne derfor påvirke tidsmålingerne og medvirke til den manglende signifikans i eksperimentet.

Eksperimentet var dog specifikt designet til at eliminere denne faktor, ved at balancere det på en sådan måde, at halvdelen af testdeltagerne havde den stationære anvendelse af en interaktionsteknik efterfulgt af den mobile anvendelse, mens den anden halvdel havde den modsatte rækkefølge. Dette skulle bevirke, at en eventuel effekt af øvelse ville blive fordelt jævnt over hele eksperimentet og interaktionsteknikkerne.

Ved at undersøge tidsanvendelsen fra eksperimentet, hvor tiden fra første anvendelse af en teknik sammenlignes med den anden anvendelse, indikeres det at flere af testdeltagerne har en mindre tidsanvendelse anden gang. Dette var da også forventeligt i de forhold, hvor teknikken først blev brugt i det mobile forhold for derefter at blive brugt i det stationære forhold. Her ville effekten af den fysiske bevægelse, som vi har påvist, have en signifikant

indvirkning på tiden. Det var derimod ikke forventeligt at testdeltagerne ville blive hurtigere fra det stationære til det mobile forhold. Dette viste sig dog at være tilfældet flere gange i eksperimentet, hvilket viser en tendens til, at der i eksperimentet har været en faktor der har gjort andet forsøg hurtigere end det første. En faktor som ville kunne tilskrives en større erfaring.

Da eksperimentet var designet til at undersøge den fysiske bevægelses indvirkning, og ikke en erfaringsfaktor, er det dog ikke muligt specifikt at undersøge og konkludere noget i forhold til denne effekt. Det vil dog være interessant at undersøge effekten nærmere, da effekten i dette eksperiment kan have været en fejlkilde. Der kan argumenteres for, at der har været en læringseffekt. En effekt hvis størrelse kan variere fra teknik til teknik. Eksempelvis ville Scrolling have fordel af at være en kendt teknik og derfor præstere bedre rent tidsmæssigt end nogle af de mere ukendte teknikker, hvorimod de mere ukendte teknikker ville præstere dårligere i forhold til Scrolling, men måske også ville kunne forbedre sig mere fra første til andet forsøg.

### 7. Konklusion

Formålet med dette studie var at undersøge hvilken interaktionsteknik, der er mest anvendelig til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse, samt at medvirke til at give et svar på hvilken effekt tabelstørrelsen har på denne anvendelighed. Overordnet viser resultaterne ikke nogen signifikant forskel på hvilken interaktionsteknik, der er mest anvendelig. De enkelte delopgaver fremkommer dog med signifikante resultater der adskiller de enkelte interaktionsteknikker. Således viser eksperimentet, at Tap-N-Go tidsmæssigt var mest anvendelig til simple opslag, Scrolling til rækkesammenligninger og Fiskeøjeteknikken til kompleks sammenligning i tabeller. Dermed kan vi også konkludere, at tabelstørrelsen har medført, at det ikke var muligt at finde en signifikant mest anvendelig interaktionsteknik. Sekundært viser resultaterne, at den fysiske bevægelse har en indvirkning på den tidsmæssige anvendelighed så den gennemsnitlige tid var 11 % langsommere under fysisk bevægelse. Den subjektive arbejdsbyrde var også påvirket af den fysiske bevægelse, da arbejdsbyrden gennemsnitligt blev vurderet 33 % højere.

### 8. Begrænsninger

Den generelle anvendelighed af de fremkomne resultater, er naturligt begrænset af de udvalgte interaktionsteknikker og deres implementering. Ligeledes afspejler resultaterne en generel anvendelse af tabeller, og dermed fremkommer det usikkert, om resultaterne kan relateres til en mere specifik anvendelse.

### 9. Fremtidigt arbejde

Resultaterne af dette studie efterlader mulighed for en række fremtidige studier med fokus på fysisk bevægelses indvirkning på interaktion i tabeller. Eksempelvis ville det være interessant at undersøge, om resultaterne fra eksperimentet kan overføres til tabeller med andet indhold end talværdier. Eller et opfølgende studie, der undersøger om større erfaring med de forskellige interaktionsteknikker

ændrer på anvendeligheden, herunder hvor stor denne effekt er.

## 10. Tak til

Vi vil gerne takke testdeltagerne, som tog sig tid til at være med i eksperimentet, og Institut for Datalogi ved Aalborg Universitet for køb af løbebånd til dette eksperiment.

## Litteratur

- [1] - Bederson, B. B., Clamage, A., Czerwinski, M. P., Robertson, G. G. 2004, DateLens: A fisheye calendar interface for PDAs. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 11, 1 (Mar. 2004), 90-119
- [2] - Brewster S. A., Lumsden J., Bell M., Hall M., Tasker S., "Multimodal 'Eyes-Free' Interaction Techniques for Mobile Devices," presented at Human Factors in Computing Systems - CHI'2003, Ft Lauderdale, USA, pp. 473 - 480, 2003.
- [3] - Fällman D., Lund A., Wiberg M., ScrollPad: Tangible Scrolling with Mobile Devices, Proceedings of the Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04) - Track 9 - Volume 9 HICSS '04
- [4] - W. Furnas G., Generalized Fisheye Views, Human Factors in Computing Systems CHI '86 Conference Proceedings, 16-23. 1986.
- [5] - Gutwin C., Fedak C., Interacting with Big Interfaces on Small Screens: a Comparison of Fisheye, Zoom, and Panning Techniques, Proceedings of Graphics Interface 2004 GI '04
- [6] - Hart, S.G. & Staveland, L.E. (1998) Developing the NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. Human Mental Workload, P.A. Hancock & N. Meshkati (Editors) Amsterdam: North-Holland, pp. 139-183
- [7] - Johnson, J. A. 1995., A comparison of user interfaces for panning on a touch-controlled display. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (Denver, Colorado, United States, May 07 - 11, 1995). I. R. Katz, R. Mack, L. Marks, M. B. Rosson, and J. Nielsen, Eds. Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, NY, 218-225
- [8] - Kristoffersen S. , Ljungberg F. - Mobile Use of IT, Twenty-second information systems research seminar in Scandinavia 1999
- [9] - Kakahara, Sørensen C. -Mobility: An Extended Perspective, In Proceedings of The 35th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-35), Big Island, Hawaii, 7th-10th January 2002, IEEE
- [10] - Lin, M., Goldman, R., Price, K. J., Sears, A., Jacko, J. 2007. How do people tap when walking? An empirical investigation of nomadic data entry. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 65, 9 (Sep. 2007), 759-769
- [11] - MacKay B., Dearman D., Inkpen K., Watters C. Walk 'n Scroll: A comparison of Software-based Navigation Techniques for Different Levels of Mobility, Proceedings of the 7th international conference on Human computer interaction with mobile devices & services MobileHCI '05
- [12] - MacKay, B., Dearman, D., Inkpen, K., Watters, C. 2005. Walk 'n scroll: a comparison of software-based navigation techniques for different levels of mobility. In Proceedings of the 7th international Conference on Human Computer interaction with Mobile Devices & Services (Salzburg, Austria, September 19 - 22, 2005). *MobileHCI '05*, vol. 111. ACM, New York, NY, 183-190.
- [13] - Mizobuchi, S., Chignell, M., Newton, D. 2005. Mobile text entry: relationship between walking speed and text input task difficulty. In Proceedings of the 7th international Conference on Human Computer interaction with Mobile Devices & Services (Salzburg, Austria, September 19 - 22, 2005). *MobileHCI '05*, vol. 111. ACM, New York, NY, 122-128
- [14] - Molich R.- Brugervenligt webdesign, 1. udgave, 3 oplag 2001, Ingeniørenlbøger , ISBN: 87-571-2285-7
- [15] - Mustonen T., Olkkonen M., Häkkinen J. Examining Mobile Phone Text Legibility while Walking, Proceedings of CHI 2004. ACM Press, Vienna, pp 1243-1246
- [16] - Pedersen A.F., Engrob J. H. Interaktion under bevægelse - Et komparativt studie af interaktionsteknikker til arbejde i tabeller på håndholdte enheder, 2008
- [17] - Pirhonen A., Brewster S., Holguin C Gestural and Audio Metaphors as Means of Control for Mobile Devices, Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2002). ACM Press, Minneapolis, Minnesota, New York, NY, USA, pp. 291-298.
- [18] - Rao R. & K. Card S. The Table Lens: Merging Graphical and Symbolic Representations in an Interactive Focus+Context Visualization for Tabular information, Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Boston, MA, April 1994, ACM
- [19] - Smith G. M. & Schraefel M. C. The Radial Scroll Tool: Scrolling Support for Stylus- or Touch-Based Document Navigation, Proc. of Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 04), Santa Fe, New Mexico, Oct. 2004, 53-56.
- [20] - Spool J. M., Scanlon T., Schroeder W., Snyder C., DeAngelo T. Web Site Usability A Designer's Guide, Morgan Kaufmann; 1st edition (November 17, 1998)
- [21] - Vadas K., Patel N., Lyons K., Starner T., Jacko J. Reading On-the-Go: A Comparison of Audio and Hand-held Displays, Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services MobileHCI '06
- [22] - Watters C., Duffy J., Duffy K. Using large tables on small devices, 2003. vol. 58(1) 21-37. *International Journal of Human Computer Studies.*
- [23] - Watters C., Duffy J., Zhang R. Comparing Table Views for Small Devices, Proceedings of the 2005 ACM symposium on Applied computing SAC '05
- [24] - Williams E. J. Experimental Designs Balanced for the Estimation of Residual Effects of Treatments, *Australian Journal of Scientific Research, Series A: Physical Sciences*, vol. 2, p.149, 06/1949
- [25] - Zhang R., Watters C., Duffy J Lookahead Cascade for Table Access on Small Devices - Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'06)
- [26] - Spence R., Apperley M. D. Data base navigation: An office environment for the professional, *Behaviour and Information Technology*, 1(1): 43-54, 1982



# Øvelse gør mester - Et studie af effekten ved gentagen brug af teknikker til interaktion på håndholdte enheder.

Anders Fritz Pedersen & Jan Hyldgaard Engrob

anders@andersfp.dk      jan@engrob.eu

## Resume

Øvelse gør mester... eller gør det? Ofte kan en ny og ukendt interaktionsteknik give en bruger problemer i starten. Derfor er det nødvendigt for brugeren at sætte tid af til at øve sig for at opnå en tilfredsstillende anvendelighed. Men betyder denne øvelse at teknikken bliver mere anvendelig end en velkendt teknik?

Vi vil i denne artikel præsentere et eksperiment, der havde til formål at undersøge hvilken effekt øvelse har på anvendeligheden af en ny og uprøvet interaktionsteknik (Fiskeøjeteknikken) og en gammel og mere kendt teknik (Scrolling). Begge brugt til arbejde i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse. Eksperimentet blev udført i et brugervenlighedslaboratorium med 10 testpersoner, som alle løste en række opgaver med hver af de to teknikker og fik målt den tid de brugte til at løse opgaverne før og efter en række træningsøvelser.

Resultaterne fra dette eksperiment viste, at der fremstod en effekt ved begge teknikker, en effekt der bevirkede at Fiskeøjeteknikken blev 31% hurtigere at bruge og Scrolling blev 17% hurtigere at bruge.

## 1 Indledning

De fleste traditionelle brugervenlighedsevalueringer fokuserer på en anvendelsessituation, hvor brugeren for første gang skal anvende en specifik applikation[2]. Denne form for evaluering medfører, at de fundne brugervenlighedsproblemer har karakter af opdagelses- og (ind)læringsproblemer[20]. Disse evalueringer er derfor kendetegnet ved, at de evaluerer den øjeblikkelige anvendelighed og brugervenlighed. Evalueringsformen anvendes ofte til evaluering af nye mobile systemer, da disse produkter er målrettet et marked, hvor forbrugernes accept af produktet mange gange står og falder med produktets øjeblikkelige anvendelighed [10]. Hvis brugerne fra begyndelsen ikke kan/vil anvende produktet, bliver dette ofte ikke en umiddelbar succes.

Formålet omkring evaluering af den øjeblikkelige anvendelighed og brugervenlighed er problemfyldt. Typiske studier af nye interaktionsteknikker omfatter, at brugerne får en præsentation af den nye teknik og oftest en efterfølgende kort prøveperiode. Omfanget af introduktionen kan foranledige at brugerne allerede inden evalueringen, har opnået et kendskab til applikationen. Et kendskab som kan medføre, at de fremkomne resultater ikke afspejler den øjeblikkelige anvendelighed og

brugervenlighed[11]. Problemet opstår, når testdeltagernes korte kendskab til interaktionsteknikken medvirker til, at de ikke længere er nybegyndere. Altså når de allerede har været udsat for en (indlærings)effekt via deres anvendelse af applikationen.

Forskellige brugervenlighedsstudier har i den forbindelse pointeret, at der er en essentiel forskel på at evaluere med en bruger som er nybegynder kontra en som er erfaren. Forskellige brugergrupper har således forskellige ekspertiseniveauer [11]. Ved sammenligning af forskellige interaktionsteknikker er det vores erfaring, at testdeltagernes ekspertiseniveauer direkte påvirker resultaterne. Således vil testdeltagerne være bedre til at anvende de interaktionsteknikker, de har størst erfaring og kendskab til. Dette hænger sammen med, at testdeltagerne ikke skal anvende ressourcer på at sætte sig ind i en ny teknik.

Derfor er det vitalt også at betragte brugerne over tid, da det herigennem bliver muligt at udforske ændringer i deres oplevelse og anvendelse af applikationen[11], herunder specielt hvordan anvendelsen af nye interaktionsteknikker ændres. Ændringer som kan forekomme i takt med at brugerne bevæger sig fra at være nybegyndere til at være erfarne brugere. I de fleste evalueringer af interaktionsteknikker opfattes (indlærings)effekten som en vekslende faktor. Der findes således to forskellige metoder til håndtering af læringseffekten. 1: Ved at anvende meget primitive opgaver, vil brugerne hurtigt opnå gode færdigheder, og 2: Ved at tildele brugerne tilstrækkeligt øvelsestid vil de opnå en bestemt ekspertise.[10]

Begge metoder er anvendelige, dog er længerevarende studier af anvendelighed, herunder også brugervenlighedsstudier, krævende idet studierne ofte nødvendiggør en stor tids- og arbejdsindsats hos brugerne[21]. Et længerevarende studie skal derfor forløbe i den tidsperiode, som er nødvendig for at brugeren ikke længere er nybegynder. Det er dog problematisk at nogle brugere, upåagtet af deres startekspertise, aldrig investerer de fornødne ressourcer til at højne deres ekspertise[11]. Herunder er det vigtigt at fastslå, at en bruger ikke bevæger sig direkte fra at være nybegynder til erfaren bruger. Der findes således en række mellemniveauer inden brugeren kan påtegnes at være ekspert [5]. To former for viden indikerer hvornår en bruger bevæger sig indenfor de forskellige udviklingstrin. 1: Kvantitativ viden om domænet, som beror på, at brugerne opnår større kendskab til applikationen og det tilhørende arbejds- og anvendelsesområde. 2: Kvalitativ viden om domænet, hvor

brugeren opnår en bedre anvendelse af den kvantitative viden. En forbedring som medfører, at brugeren bliver bedre til at udvælge strategier og beslutninger omhandlende interaktionen med applikationen og de tilhørende anvendelsesmuligheder [5].

Et studie omkring anvendelsen af interaktionsteknikker over tid, skal derfor underbygges af de tidsmæssige ressourcer som investeres i studiet. Et længerevarende studie vil således have mulighed for at tildele brugerne meget øvelses tid, og herved forbedre brugerne kvantitative og kvalitative viden, så brugerne forbedrer deres evner. Problemet med længerevarende studier er, som tidligere nævnt, at de kræver store tidsmæssige ressourcer – både hos testdeltagerne og udviklerne. Desto flere ressourcer der skal investeres, desto sværere bliver det at opnå resultater her og nu.

En anden tilgangsvinkel er hurtigt at tildele brugerne færdigheder ved at anvende meget primitive opgaver. Herved vil brugerne hurtigt opnå en bedre kvantitativ og kvalitativ viden. Overordnet vil vi anse denne fremgangsmåde som anvendelig, hvis de primitive opgaver afspejler de reelle opgaver, da de fremkomne resultater ellers ikke vil stå i forhold til den konkrete anvendelse.

Resultaterne af et længerevarende brugerstudie afspejler de ressourcer som tilføres, derfor skal det afvejes hvilket omfang studiet skal have. Dermed skal det nøje overvejes hvilket omfang studiet skal have, og om de ressourcer der anvendes står mål med de resultater som studiet skal frembringe.

### 1.1 Relateret arbejde

Tidligere studier har undersøgt kortere og længerevarende aspekter omkring anvendelsen af en applikation.

Et studie [8] evaluerede en tegngenkendelsesapplikation efter et og fem minutters anvendelse. Resultaterne viste, at brugerne opnåede bedre resultater allerede efter fem minutter. Dette studie indikerer derfor, at en meget kort øvelsesperiode med en applikation kan påvise en forbedring hos brugerne. Det mest interessante var dog, at brugerne efter en uge uden yderligere brug af applikationen havde samme præstationsniveau som efter fem minutters anvendelse [8]. Studiet indikerer derfor at brugerne ikke mister de opnåede evner, det selvom den anvendte applikation var ukendt for nogle af testdeltagerne.

Et andet kontrolleret studie [19, 18] blev udført over fem fortløbende dage, hvor testdeltagerne udførte identiske eksperimenter hver dag. Resultaterne viste, at fejlraten faldt signifikant over de fem dage. Hertil fortalte nogle af testdeltagerne, at de i løbet af eksperimentet var blevet bedre til og mere fortrolige med at anvende systemet [19, 18]. Dette studie viser, at brugerne igennem fem evalueringer forbedrede sig signifikant, også uden at de i den mellemliggende periode fik lov at anvende applikationen.

Endeligt viste en anden brugervenlighedsevaluering [6], at brugerne efter et års anvendelse var signifikant mere effektive end et år tidligere. Således blev der gennemført signifikant flere opgaver, og der forekom mindre variation mellem testdeltagerne. Herunder fremkom det dog, at der ikke var en signifikant forskel på tidsanvendelsen før og efter et års anvendelse. Den første evaluering fremkom med signifikant flest kritiske og alvorlige brugervenlighedsproblemer, mens der fremkom signifikant flest kosmetiske problemer efter et års anvendelse. Endvidere viste det sig at nogle af de problemer, der opstod i den første evaluering, ikke opstod i den sidste evaluering. Dertil viste brugerne subjektive arbejdsbyrde, at specielt frustrationen faldt dramatisk, mens både anstrengelsen og den mentale faktor forblev næsten uændrede. [6]

Et studie som sammenlignede forskellige interaktionsteknikkers anvendelighed i tabeller, [13] konstaterede en faktor, som gjorde, at anden anvendelse af en interaktionsteknik, i flere tilfælde var tidsmæssigt hurtigere end første anvendelse. Det selvom den anden anvendelse af teknikken foregik under fysisk bevægelse, som beviseligt medførte en forøgelse af tidsanvendelsen. Grundet designet af det pågældende eksperiment var det ikke muligt fuldstændigt at identificere og kategorisere effekten af denne faktor. Denne artikel tager derfor udgangspunkt i [13]. Således vil opsætningen af eksperimentet afspejle [13], så det herigennem bliver muligt at undersøge den effekt som [13] beskriver.

Formålet med denne artikel er at undersøge, hvilken effekt øvelse har på anvendeligheden af interaktionsteknikker til arbejde med data i tabeller på en håndholdt enhed under fysisk bevægelse. Det med henblik på at identificere om der forekommer en effekt af øvelse ved interaktionsteknikkerne, og derved om anvendeligheden af interaktionsteknikkerne kan forbedres ved længerevarende brug. Den effekt som testdeltagerne eventuelt opnår ved gentagen anvendelse af interaktionsteknikker, er i dette studie defineret som en effekt af øvelse. Herunder består effekten af alle de faktorer eller effekter, som opstår via den gentagne anvendelse af interaktionsteknikkerne.

Den resterende del af artiklen præsenterer først metoden, hvorpå det udførte eksperiment er baseret, dernæst præsenteres og diskuteres resultaterne. Artiklen vil i det nedenstående kort præsentere de to interaktionsteknikker, som blev undersøgt i eksperimentet.

*Scrolling*: er en af de mest almindelige og velkendte interaktionsteknikker. Scrolling kan dog på en PDA forekomme problematisk på grund af scrollbarernes størrelse [7]. Flere studier har i deres undersøgelser alligevel valgt at medtage Scrolling som en benchmark [7, 15, 4, 22, 1, 24], og resultaterne viser i [22], at anvendeligheden af Scrolling blev overgået Fiskeøje. Et af problemområderne med Scrolling er, at scrollbarerne ikke kan anvendes simultant og derfor ikke understøtter tovejsinteraktion [0].

*Fiskeøjje*: er en interaktionsteknik, som bygger på en grundlæggende forståelse omkring vigtigheden af konteksten set i forhold til fokus på detaljen. Dele af den første HCI forskning indenfor området blev udført af Spencer og Apperley [16], som præsenterede konceptet "Bifocal Display": en teknik der giver et "forvredet" billede af informationerne. Således bliver de data, der er i fokus forstørret, mens konteksten bliver mindre. En videreudvikling af denne teknik blev introduceret af Furnas [3], hvor teknikken opnåede en bedre balance mellem lokal detalje og global kontekst, kaldet "Generalized Fisheye Views". Denne fiskeøjjeteknik har været anvendt flere forskellige steder, et af de mest anvendte eksempler findes i Rao og Stuarts "Tabel Lens" [14].

## 2 Metode

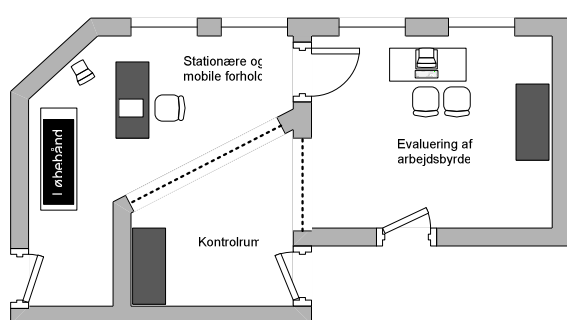
For at undersøge en eventuel effekt af øvelse ved gentagen brug af nye interaktionsteknikker, blev eksperimentet udført ved at måle den tid, testdeltagerne anvendte til at udføre en række opgaver i en tabel på en PDA under fysisk bevægelse.

### 2.1 Design

Eksperimentet blev udformet som et laboratorieeksperiment hvor to interaktionsteknikker blev sammenlignet med henblik på at undersøge resultaterne af gentagen brug. Vi har herunder valgt den mest velkendte og den nyeste interaktionsteknik fra [13]. Derfor vil eksperimentet kun undersøge Scrolling og Fiskeøjje. Den fysiske bevægelse blev simuleret på et løbebånd med variabel hastighed. Tabellens størrelse var 20 kolonner \* 30 rækker, i alt 600 celler. Det følgende beskriver eksperimentets metode i detaljer.

### 2.3 Materialer og lokaler

Eksperimentet blev udført i et brugervenlighedslaboratorium på Institut for Datalogi ved Aalborg Universitet.



Figur 1: Brugervenlighedslaboratoriet

#### 2.3.1 PDA'en

PDA'en der blev anvendt i eksperimentet var en HP-IPAQ 6915 med tilhørende pen og skærm på 250x250 pixels. Alle interaktionsapplikationerne blev eksekveret i Mobile Internet Explorer til Windows Mobile 5.0 i fuldskærm.

#### 2.3.2 Løbebåndet

Løbebåndet var et Ergo-Form IMT 7500 med en løbeflade på 52 x 155 cm. Løbebåndet var programmeret til at køre med en hastighed på mellem 2 og 4 km/t og ændrede hastighed op eller ned med 0,5 eller 1 km/t hvert halve minut. Denne ændring blev foretaget automatisk, og testdeltagerne blev derfor ikke varslet på nogen måde.

#### 2.3.3 Interaktionsteknikker

Implementeringen af interaktionsteknikkerne, der blev sammenlignet i eksperimentet, er beskrevet i nedenstående. Scrolling er den kendte interaktionsteknik og derfor benchmark for Fiskeøjje.

#### Scrolling (Scroll):

Teknikken fungerede med de fra Windows kendte standard scrollbars. Den vandrette og lodrette scrollbar var placeret nederst og i højre side af skærmen, og udgjorde ca. 4 % af højden/bredden. Den specifikke implementering bevirkede desuden, at kolonne- og rækkenavnene ikke var synlige hvis brugeren scrollede ned eller til højre. Scrolling var implementeret i html.

#### Fiskeøjje(Fisk):

Fungerede ved, at en tabel var tilpasset skærmen, så alle rækker og kolonner kunne ses på ét skærbillede. Ved at trykke et sted i tabellen var det muligt at ekspandere en given kolonne og fem datarækker, og derved synliggøre de data opgaven krævede. Fiskeøjjeteknikken var implementeret i Adobe Flash. Det formodes, at testdeltagerne forbedre sig mest med Fiskeøjje, da brugerne forventes at have en minimal erfaring med Fiskeøjje, da teknikken er en relativt ny interaktionsteknik som ikke er meget anvendt. Ligeledes vil det være forventeligt, at testdeltagerne forbedrer sig minimalt med Scrolling, da de har større erfaring med Scrolling.

### 2.4 Testdeltagerne

Eksperimentet blev udført som et balanceret withinsubjekt[23] design med 10 højrehåandede studerende fra Aalborg Universitet. Gennemsnitsalderen var 25,3 år, og testdeltagerne havde blandet erfaring med brugen af en PDA. Designet af eksperimentet var derudover balanceret med hensyn til kohorteeffekten af opgaverækkefølgen, således at den givne opgaverækkefølge ingen effekt havde på målingerne i eksperimentet.

### 2.5 Testopgaver

I interaktionstesten skulle testdeltagerne udføre 12 forskellige delopgavesæt, hvor ét delopgavesæt bestod af en opgave A og B, se Tabel 1. Opgaverne skulle symbolisere forskellige drenges salg af æg i juni måned igennem 20 år. Da drengene altid solgte mellem 100 og 1000 æg indeholdt hver af de 600 celler et tre cifret tal. Opbygningen af delopgaverne afspejlede en del af en typisk interaktion med tabeller [22, 12, 17].

*Rækkesammenligning(A):* Hvilket år solgte Peter flest æg den 28. juni?

*Kolonesammenligning(B):* Hvilken dag solgte Peter færrest æg i 1992?

**Tabel 1: Opgavetyper**

## 2.5 Procedure

Eksperimentet var delt op i fem faser:

1. Introduktion
2. Udførelsen af interaktionstest - før
3. Træningsøvelser
4. Udførelsen af interaktionstest - efter
5. Debriefing.

### Introduktion

Testlederen introducerede testdeltageren for selve eksperimentet. Testdeltageren fik herunder udleveret PDA'en, og fik mulighed for kort at afprøve de forskellige interaktionsteknikker. Testdeltageren fik desuden en kort tur på løbebåndet, for herigennem at få fortrolighed omkring anvendelsen og sikkerheden af dette.

### Udførelsen af interaktionstest - før

Derefter blev testdeltageren bedt om at stille sig op på løbebåndet, og dette blev startet. Efterfølgende blev testdeltageren præsenteret for den første opgave på en monitor i læsbar afstand fra løbebåndet. Når testdeltageren havde givet udtryk for at opgaven var læst og forstået, overrakte testlederen PDA'en til testdeltageren. Testlederen havde i mellemtiden klargjort testapplikationen.

Testdeltageren opdaterede efterfølgende browseren for at starte tidtagningen, løste opgaven, trykkede igen opdater for at stoppe tiden og sagde derefter svaret højt til testlederen. Herefter fik testlederen PDA'en tilbage, og forløbet blev gentaget med den næste opgave. Løbebåndet blev først stoppet efter udførelsen af samtlige opgaver. Testdeltagerne fik ikke oplyst om svarene var korrekte.

Således skulle testdeltagerne udføre tre opgavesæt med begge interaktionsteknikker, i alt seks opgaver med Scrolling og seks opgaver med Fiskeøje.

### Træningsøvelser

For at frembringe en identisk effekt af øvelserne mellem de forskellige testdeltagere, fik testdeltagerne til opgave at udføre henholdsvis 10 opgaver med Fiskeøje og 10 opgaver med Scrolling. Disse træningsopgaver bestod af et simpelt opslag i tabellen [12, 17].

### Udførelsen af interaktionstest – efter

Udførelsen af denne interaktionstest var identisk med "Udførelsen af interaktionstest – før". Dog med andre opgaver, men de samme opgavetyper.

## Debriefing

Efter udførelsen af begge interaktionstests fik testpersonen udleveret et spørgeskema, som skulle klarlægge testdeltagerens forskellige demografiske værdier. Testdeltagerne blev desuden bedt om at vurdere deres erfaring med en PDA som følgende; ingen, begynder, let øvet, erfaren, eller meget erfaren. Herunder blev testdeltageren bedt om at svare på, hvilken interaktionsteknik testdeltageren ville foretrække at anvende, og om interaktionsteknikkerne blev mere anvendelige ved gentagen brug. Herefter blev testdeltagerne interviewet kort omkring den måde, hvormed de interagerede med systemet og om deres oplevelse af eksperimentet.

## 2.6 Dataindsamling

Eksperimentets primære mål var at undersøge den effekt som eventuelt ville opstå ved gentagen brug af interaktionsteknikker. Der blev derfor udført målinger, af den tid testdeltagerne anvendte på at løse de forskellige opgaver.

Tidsmålingerne blev udført med et elektronisk timestamp, som startede idet en testdeltager havde læst og forstået testopgaven og derefter trykkede opdater med pennen. Tiden stoppede når en testdeltager igen trykkede opdater. Yderligere blev alle testsessionerne videofilmet, så det var muligt at verificere tidsanvendelsen, hvis en testdeltager skulle glemme at trykke opdater. Svarene til de enkelte delopgaver blev registreret manuelt, ved at testlederen noterede dem.

## 3 Resultater

Resultaterne af eksperimentet består af to overordnede dele: en kvantitativ – hvor de fremkomne tidsmålinger bliver analyseret, og en kvalitativ – hvor testdeltagerens spørgeskema og interviewresultater analyseres.

### 3.1 Kvantitative resultater

De kvantitative resultater består af den tid, testdeltagerne gennemsnitligt anvendte til at udføre et opgavesæt med Scrolling og Fiskeøje, – før og efter de blev udsat for træningsopgaverne.

Testdeltagerens fejlrate af opgavebesvarelserne fremkom ikke med signifikante eller anvendelige resultater, derfor vil disse ikke blive inddraget i det følgende.

Som det fremkommer af Tabel 2 var der stor variation i testdeltagerens gennemsnitlige tidsanvendelse. Denne variation er som udgangspunkt ikke interessant, da værdierne kun fortæller, om en testdeltager var hurtig eller langsom til at udføre et opgavesæt. Derimod er det interessant, at samtlige testdeltagere var hurtigere med deres anden anvendelse af interaktionsteknikkerne.

	Scrolling			Fiskeøje		
	Før	Efter	Forskel	Før	Efter	Forskel
Tp1	00:45	00:43	5%	00:59	00:50	17%
Tp2	01:03	00:57	11%	01:20	01:01	30%
Tp3	00:52	00:48	8%	01:17	01:08	13%
Tp4	01:10	00:59	19%	01:38	01:25	15%
Tp5	00:59	00:54	10%	01:51	01:05	70%
Tp6	02:12	01:43	28%	02:07	01:35	34%
Tp7	01:19	01:04	23%	01:36	01:10	38%
Tp8	01:03	00:48	31%	01:11	00:59	20%
Tp9	01:00	00:51	17%	01:23	00:49	67%
Tp10	01:10	01:07	4%	01:26	01:14	17%
Gns.	01:09	00:59	17%	01:29	01:08	31%

**Tabel 2: Tidsanvendelse eksperiment 3 (Min:Sek)**

En T-test af tidsanvendelsen før og efter påviser således, at øvelsen havde en signifikant effekt på tidsanvendelsen med Scrolling ( $T[9]=3,815$   $p=0,004$ ) og Fiskeøje ( $T[9]=5,187$   $p=0,0006$ ). Dermed har eksperimentet fastslået, at testdeltagerne var signifikant hurtigst anden gang de anvendte interaktionsteknikkerne.

Eksperimentet har således også påvist, at der er en større effekt af øvelserne ved Fiskeøje end ved Scrolling. Det er dog interessant, at den procentmæssige forskel ved Scrolling havde en standardafvigelse på 9, mens der ved Fiskeøje var en standardafvigelse på 20. Dette indikerer i nogen grad, at testdeltagerne har præsteret mere ensartet med Scrolling kontra Fiskeøje. Dette er samtidig udtryk for, at nogle af testdeltagerne med Fiskeøje har oplevet en væsentligt større effekt, som igen er et udtryk for testdeltagernes manglende forhåndskendskab til Fiskeøje.

Hertil viser resultaterne, at Scrolling var signifikant hurtigst til samlet at udføre de fremsatte opgaver ( $T[9]=-4,06$   $p<0,003$ ). Inden eksperimentet blev udført havde vi en forventning om, at testdeltagerne ville forbedre sig mest med Fiskeøje og mindst med Scrolling. Derfor er det interessant, at testperson 4 og 8 faktisk forbedrede sig mest med Scrolling. Dette kan forklares med at disse testdeltagere havde det største eller mindste tidsforbrug, men dette påvises dog ikke af tidsmålingerne. Det viser sig yderligere, at to af testdeltagerne havde deres korteste tidsanvendelse ved deres anden anvendelse af Fiskeøje. Hvilket ikke var helt forventeligt, da testdeltagerne har mere erfaring med Scrolling og dermed bedre kunne anvende Scrolling.

Resultaterne viser endvidere, at halvdelen af testdeltagerne havde en mindre tidsanvendelse anden gang de anvendte Fiskeøje kontra første gang de anvendte Scrolling. Dette påviser, at med meget lidt øvelse vil nogle af testdeltagerne være hurtigere med Fiskeøje versus Scrolling. Resultatet forekommer dog ikke signifikant, ( $T[9]=0,34$   $p=0,75$ ), hvilket heller ikke var forventeligt, idet kun halvdelen af testdeltagerne havde den mindre tidsanvendelse anden gang.

### 3.2 Kvalitative resultater

For at resultaterne af eksperimentet ikke kun skal baseres på tidsmålingerne og den tilhørende analyse, blev testdeltagerne som opfølgning på eksperimentet, bedt om at udfylde et spørgeskema, hvortil de blev interviewet af testlederen ud fra tre spørgsmål. Testdeltagernes svar er præsenteret i Tabel 3.

Spørgsmål	Scrolling		Fiskeøje	
	Ja	Nej	Ja	Nej
Hvilken interaktionstype ville du foretrække at anvende til lignende opgaver?	6		4	
Blev interaktions-teknikkerne nemmere at anvende anden gang?	9	1	5	5
Kunne du forstille dig, at du over tid blev bedre til at anvende interaktions-teknikkerne?	8	2	8	2

**Tabel 3: Interviewresultater**

#### 3.2.1 Anvendelsen af strategier

Flere af testdeltagerne fortalte, at de i løbet af eksperimentet havde fundet en strategi, hvormed det blev nemmere at løse opgaverne. Dette havde de dog hovedsageligt fundet med Scrolling og ikke med Fiskeøje. Strategien med Scrolling var kendetegnede ved, at testdeltagerne når de skulle sammenligne data på henholdsvis række- eller kolonneniveau, brugte kanten af skærbilledet eller en finger som markør i den givne række eller kolonne. Dette blev anvendt for ikke at miste fokus i enten rækken eller kolonnen. Testdeltagerne udtrykte således, at:

*"... med scrolling skulle man køre ned til en dag og så markere hvilken dag det var med fingeren, ellers mistede man overblikket og var lige pludselig hoppet en række op"* [TP3]

*"... med scroll blev det simpelthen nødvendig, hvis man skulle fange en [celle] nede midt i tabellen, så var det nødvendigt at få rækken eller kolonnen ud til rammen [kanten af PDA'en]"* [TP7]

*"... i scroll fandt jeg ud af at aligne enten i toppen eller i bunden"* [TP8]

*"... ved scroll så stod den dag, der skulle holdes øje med i den nederste kant, og når jeg så havde fundet tallet satte jeg det ud i kanten og kørte op for at finde året."* [TP9]

Som nævnt folte kun 5 ud af de 10, at det var nemmere at anvende Fiskeøje anden gang. Testdeltagerne havde dog heller ikke på samme måde held med at finde en strategi, som kunne hjælpe dem med at løse opgaverne. Dette kunne dog også indikere at det ikke var nødvendigt med en strategi for effektivt at kunne anvende Fiskeøje. Af interviewet fremgik det således, at:

"... i fiskeøje, når man skulle finde året var det bare at gennemgå dem [cellerne] slavisk, der var ikke rigtig nogen hjælp." [TP1]

"... det blev nemmere med fiskeøje, men jeg ved ikke om jeg havde nogen bestemt strategi, det blev lettere at huske hvor de var." [TP5]

"... der var det bare at trykke et eller andet sted og så bevæge sig ud der fra. Det var noget mere intuitivt." [TP2]

"... der gjorde jeg ikke noget specielt, prøvede at huske hvor det var svaret var, og så gå tilbage og finde det til sidst" [TP10]

Selvom det kun var fem testpersoner, der følte det nemmere med Fiskeøje anden gang, var der otte der svarede, at de troede, at de over tid ville blive bedre til at anvende teknikken. Dette peger i retning af, at selvom det ikke umiddelbart var muligt at finde en strategi til Fiskeøje, så følte testpersonerne stadig, at de kunne blive bedre til at anvende teknikken, hvilket eksperimentets tidsmæssige resultater også indikerede. Ved Scrolling var der otte testdeltagere, som svarede ja til samme spørgsmål. Dermed virker det til, at testdeltagerne med brug af Scrolling, som er en velkendt teknik, også følte at der var plads til forbedring med teknikken i den givne situation. Dette blev da også indikeret af tidsmålingerne.

Interviewresultaterne indikerer derfor, at brugerne specielt med Scrolling har opnået et større kvantitativ viden om vores applikation. En viden som de ved hjælp af deres kvalitative viden kunne omsætte til en bedre anvendelse af Scrolling. Den kvalitative viden er dog mindre med Fiskeøje, da testdeltagerne havde sværere ved at forbedre deres strategier med teknikken. Det kan tænkes, at brugerne over tid også ville blive bedre til at udvælge strategier til Fiskeøje.

### 3.2.2 Effekten af træningsøvelserne

En af grundene til den tidsmæssige forbedring ved begge teknikker, kunne være at finde i de mellemliggende træningsøvelser, hvor testdeltagerne i en række opgaver fik mulighed for at træne brugen af de to teknikker. På spørgsmålet om testdeltagerne mente, at øvelserne mellem de to opgavesæt gav dem en erfaring de kunne bruge til at løse de næste opgaver, blev der svaret i flere forskellige retninger. Flere mente, at det ikke rigtigt gav dem noget de kunne bruge, især ikke til Fiskeøje. I den forbindelse udtrykte testdeltagerne, at:

"Fiskeøje gav ikke så meget. Det var rigtig nemt med den ned igennem rækkerne, men ikke så godt i kolonnerne. Så erfaringen blev ikke bedre" [TP3]

"nej jeg syntes ikke rigtig de gav mig noget, fandt ud af at man kunne markere det med blå men synes ikke rigtig det hjalp, måske gjorde det kun det værre. Hjalp måske lidt, men kunne bare ikke finde ud af at bruge det [erfaringen] rigtigt" [TP6]

Her angav flere opgavetyper som begrundelse for at øvelserne ikke kunne bruges til at få en større erfaring. Således fremkom det, at:

"Nej det syntes jeg faktisk ikke, det var sådan en anden slags opgaver." [TP4]

"Det ved jeg ikke helt, det var jo ikke helt det samme" [TP10]

Andre af testpersonerne nævnte derimod, at det var med øvelserne, at de fandt eller forfinede den strategi de havde fundet til brug af Scrolling. Testdeltagerne forklarede at:

"... det gjorde det, det var egentlig der jeg begyndte at lave lidt mere strategi i det" [TP5]

"... tror det var inde ved siden af, jeg fandt ud af det der med at sætte en finger på." [TP3]

"... ja en lille smule, øh ja det gjorde. Fik det lidt mere ind i fingrene." [TP8]

En enkelt testperson nævnte også specifikt, at han fandt noget som kunne bruges til Fiskeøje: "Ja for i starten havde jeg svært ved at ramme, trykkede 10 gange for at få det rigtige felt. Lagde ikke altid mærke til hvis man trykkede for langt". [TP9]

Uanset hvad testdeltagerne mente om deres anvendelse af de to teknikker, så viste resultaterne, at testdeltagerne forbedrede sig tidsmæssigt ved begge teknikker: 17% ved Scrolling og 31% ved Fiskeøje.

Forbedringen ved begge interaktionsteknikker kan dog skyldes andet end en større erfaring med teknikkerne. Faktorer som fortrolighed med opgaverne, fortrolighed med løbebåndet og en større eller mindre koncentration kunne også have indflydelse på resultaterne. Testdeltagerne blev derfor spurgt om deres vurdering af disse indvirkninger. Til spørgsmålet om det efterhånden blev lettere at gå på løbebåndet, svarede de fleste at de ikke følte den store ændring, men at det måske var lidt lettere anden gang. Dertil sagde testdeltagerne, at:

"... Godt spørgsmål, det virkede lettere, jeg tror også det har en indvirkning, det bliver lettere, jeg tænker ikke så meget over hvor jeg går, men det er stadig besværlig... t" [TP5]

"... nej det synes jeg ikke. Synes ikke, jeg kunne mærke lidt forskel. Synes måske jeg lavede flere fejl anden gang..." [TP6]

"... Jeg mærkede det ikke så meget, blev lidt vant til det, det blev måske lidt lettere den anden gang..." [TP10]

### 3.2.3 Koncentration og fortrolighed med testopgaverne

Til spørgsmålet om testdeltagerne havde en større eller mindre koncentration fra første til andet testforløb, var der en vis grad af uenighed. Hovedparten ytrede dog, at de var mere koncentrerede anden gang. Testdeltagerne fremlagde at:

"... jeg koncentrerede mig mere anden gang" [TP3]

"... den var større anden gang" [TP]

"... Koncentrerede mig mere den anden gang. Følte at jeg skulle klare mig bedre anden gang." [TP10]

"... Det var det samme. Det var mere frustrerende første gang. Det var lettere anden gang" [TP5]  
"... Det var faktisk lidt svære at koncentrere sig anden gang, lavede måske flere fejl." [TP6]  
"... Det var lidt svært at koncentrere sig til sidst, det var mest om at huske flest eller færrest og det rigtige tal." [TP9]

Fortroligheden med opgaverne kunne også tænkes at have en indvirkning på hvor hurtigt testpersonerne løste opgaverne, så de første opgaver ville tage forholdsvis længere tid at udføre. Testdeltagerne var dog generelt enige om, at opgaverne var lette at gå til, men at det måske var lidt hurtigere anden gang. Testdeltagerne gav udtryk for, at:

"... Det tog lidt tid, lige i starten skulle man lige finde ud af om det var dag eller år. Til sidst kendte man mønstret lidt bedre." [TP3]  
"... følte mig meget hurtig fortrolig med opgaverne, det var meget enkelt." [TP5]  
"... Det gik meget hurtigt, fandt hurtigt ud af kun at se om der stod flest eller færrest og så dagen eller året" [TP7]  
"... Det var nemt nok at finde ud af allerede efter de første par[opgaver]" [TP9]  
"... Til sidst gik jeg efter flest, færrest og så bare læse år eller datoer" [TP10]

Dermed har vores simple og primitive opgavetyper medvirket til, at testdeltagerne relativt hurtigt har opnået gode færdigheder i anvendelsen af vores applikation og interaktionsteknikkerne.

#### 4 Diskussion

Som vores resultater indikerer, har testdeltagerne kun fundet det nødvendigt at anvende en strategi til Scrolling. Dette er et yderst interessant resultat, der også indikerer at Fiskeøje er meget intuitiv at anvende. Scrolling er også intuitiv, men da Scrolling er en velkendt teknik er anvendelsen blevet opbygget gennem længere tid – en længerevarende anvendelse som anvendelsen af Fiskeøje ikke er baseret på. Dermed kan den manglende strategi til Fiskeøje bero på, at en strategi ikke er nødvendig.

Om brugerne har brug for en strategi for at anvende en interaktionsteknik, hænger naturligt sammen med implementeringen af den pågældende interaktionsteknik. Således vil Scrolling altid afspejle tabelstørrelsen, idet Scrolling ikke ændrer på repræsentationen af celler. Fiskeøje derimod manipulerer med repræsentationen af tabellen, således at det kun er muligt at få vist et bestemt antal celler af gangen.

Som den kvalitative analyse viste, så mente otte af testdeltagerne, at de over tid ville blive bedre til at anvende Scrolling og Fiskeøje. Dette er interessant, i forhold til at ni svarede, at de syntes Scrolling var nemmere anden gang, mens kun fem svarede at Fiskeøje var nemmere anden gang. Dertil skal ses, at testdeltagerne faktisk blev 17% hurtigere med Scrolling og 31% hurtigere med Fiskeøje.

Noget kunne derfor tyde på, at testdeltagerne ikke var opmærksomme på, at de i realiteten forbedrede sig mest med Fiskeøje.

Grunden til dette kunne bero på, at testdeltagerne følte at Scrolling faktisk blev nemmere. En følelse som kunne hænge sammen med implementeringen af Scrolling, hvor testdeltagerne kunne anvende deres strategier og erfaring til at overskue de 600 celler. Modsætningsvis skulle brugerne med Fiskeøje kun overskue det antal viste celler. Implementeringen af Fiskeøje kunne derfor resultere i, at testdeltagerne ikke følte samme forbedring, idet de stadig kun skulle overskue et minimalt antal celler af gangen.

I forhold til at [8] efter fem minutters anvendelse, [19, 18] efter fem dage og [6] før og efter et års anvendelse påviste anvendelsesmæssige forbedringer, da er det interessant, at vores resultater efter bare 10 simple opgaver påviser en signifikant forbedring af tidsanvendelsen. Grunden til at vores resultater er anvendelige, selv efter en minimal træningsperiode, må bero på, at vi med primitive opgaver (simple opslag) har formået at højne brugernes kvalitative viden. Således at testdeltagerne har formået at anvende deres eksisterende kvantitative viden, til at forbedre deres interaktion. Det ville herunder være interessant at undersøge, om princippet omkring simple opgaver også er anvendeligt, hvis den afprøvede applikation anvendes til væsentligt andre opgavetyper. Det kunne således tænkes, at en forskel i opgavetyper ville være udslagsgivende for de tidsmæssige ressourcer, som skal investeres.

#### 5 Konklusion

Resultaterne af eksperimentet påviser, at der forekommer en effekt af øvelserne med både Fiskeøje og Scrolling. Herunder havde effekten en signifikant indvirkning på tidsanvendelsen med Fiskeøje og Scrolling, således at testdeltagerne blev 17% hurtigere med Scrolling og 31% hurtigere med Fiskeøje.

Hertil viste det sig, at flere af testdeltagerne efter træningsøvelserne fandt en strategi, hvormed de selv mente, at de blev hurtigere til at udføre opgaverne. Således fandt 9 ud af 10 en strategi til Scrolling, mens ingen fandt en strategi til Fiskeøje. Testdeltagerne anvendte specielt deres strategier med Scrolling, da Fiskeøjetechnikken ikke umiddelbart påkrævede nogen strategi. Dermed indikerer resultaterne at Fiskeøje er meget intuitiv at anvende.

#### 6 Begrænsninger

Den generelle anvendelighed af resultaterne er begrænset af den tidsanvendelse som testdeltagerne anvendte til træning, herunder er resultaterne yderligere begrænset af antallet af testdeltagere.

#### 7 Fremtidigt arbejde

Det ville forekomme naturligt også at undersøge den længerevarende brug af Panorering og Tap-N-Go[13], for herigennem at undersøge de mere længerevarende perspektiver.

## 8 Tak til

Vi vil gerne takke alle testdeltagerne for at de tog sig tid til at være med i eksperimentet.

## Litteratur

[1] - Bederson, B. B., Clamage, A., Czerwinski, M. P., Robertson, G. G. 2004, DateLens: A fisheye calendar interface for PDAs. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 11, 1 (Mar. 2004), 90-119

[2] - Dumas, J. (2002). User-based evaluation, in J. Jacko & A. Sears (Eds.) *The Human-Computer Interaction Handbook*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, Assoc., p.1112.

[3] - Furnas G. W., Generalized Fisheye Views, *Human Factors in Computing Systems CHI '86 Conference Proceedings*, 16-23. 1986.

[4] - Fällman D., Lund A., Wiberg M., ScrollPad: Tangible Scrolling with Mobile Devices, *Proceedings of the 37th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'04) - Track 9 - Volume 9 HICSS '04*

[5] - Helander M. G. , Landauer T. K., Prabhu P. V., Eds. 1997 *Handbook of Human-Computer Interaction*. 2nd. Elsevier Science Inc. ISBN:0444818626

[6] - Kjeldskov, J., Skov, M. B., and Stage, J. 2005. Does time heal?: a longitudinal study of usability. In *Proceedings of the 19th Conference of the Computer-Human interaction Special interest Group (Chisig) of Australia on Computer-Human interaction: Citizens online: Considerations For Today and the Future (Canberra, Australia, November 21 - 25, 2005)*. ACM International Conference Proceeding Series, vol. 122. Computer-Human Interaction Special Interest Group (CHISIG) of Australia, Narrabundah, Australia, 1-10.

[7] - MacKay B., Dearman D., Inkpen K., Watters C. Walk 'n Scroll: A comparison of Software-based Navigation Techniques for Different Levels of Mobility, *Proceedings of the 7th international conference on Human computer interaction with mobile devices & services MobileHCI '05*

[8] - MacKenzie, I. S. and Zhang, S. X. 1997. The immediate usability of graffiti. In *Proceedings of the Conference on Graphics interface '97 (Kelowna, British Columbia, Canada)*. W. A. Davis, M. Mantei, and R. V. Klassen, Eds. Canadian Information Processing Society, Toronto, Ont., Canada, 129-137.

[10] - MacKenzie, I. S., Zhang, S. X., & Soukoreff, R. W. (1999). Text entry using soft keyboards. *Behaviour & Information Technology*, 18, 235-244.

[11] - MacKenzie, I. Scott and R. William Soukoreff. 2002. *Text Entry for Mobile Computing: Models and Methods, Theory and Practice*. *Human-Computer Interaction*. 17(2):147-198.

[12] - Molich R.- Brugervenligt webdesign, 1. udgave, 3 oplag 2001, Ingeniørenlbøger , ISBN: 87-571-2285-7

[13] - Pedersen A. F., Engrob J. H. (2008) Tabelstørrelsens indvirkninger - Et komparativt studie af interaktionsteknikkers anvendelighed til arbejde i større tabeller på håndholdte enheder

[14] - Rao R. & K. Card S. The Table Lens: Merging Graphical and Symbolic Representations in an Interactive Focus+Context Visualization for Tabular information, *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Boston, MA, April 1994, ACM

[15] - Smith G. M. & Schraefel M. C. The Radial Scroll Tool: Scrolling Support for Stylus- or Touch-Based Document Navigation, *Proc. of Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST 04)*, Santa Fe, New Mexico, Oct. 2004, 53-56.

[16] - Spence R., Apperley M. D. Data base navigation: An office environment for the professional, *Behaviour and Information Technology*, 1(1): 43-54, 1982

[17] - Spool J. M., Scanlon T., Schroeder W., Snyder C., DeAngelo T. *Web Site Usability A Designer's Guide*, Morgan Kaufmann; 1st edition (November 17, 1998)

[18] - Sporka, A. J., Kurniawan, S. H., Mahmud, M., and Slavik, P (2007) A Comparative Longitudinal Study of Non-verbal Mouse Pointer, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer Berlin / Heidelberg ISSN 0302-9743 (Print) 1611-3349 (Online) Volume Volume 4663/2007

[19] - Sporka, A. J., Kurniawan, S. H., Mahmud, M., and Slavik, P. 2007. Longitudinal study of continuous non-speech operated mouse pointer. In *CHI '07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (San Jose, CA, USA, April 28 - May 03, 2007)*. CHI '07. ACM, New York, NY, 2669-2674

[20] - Vaughan, M. and Courage, C. 2007. SIG: capturing longitudinal usability: what really affects user performance over time?. In *CHI '07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (San Jose, CA, USA, April 28 - May 03, 2007)*. CHI '07. ACM, New York, NY, 2149-2152

[21] - Vaughan, M., Courage, C., Rosenbaum, S., Jain, J., Hammontree, M., Beale, R., and Welsh, D. 2008. Longitudinal usability data collection: art versus science?. In *CHI '08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (Florence, Italy, April 05 - 10, 2008)*. CHI '08. ACM, New York, NY, 2261-2264

[22] - Watters C., Duffy J., Zhang R. Comparing Table Views for Small Devices, *Proceedings of the 2005 ACM symposium on Applied computing SAC '05*

[23] - Williams E. J. Experimental Designs Balanced for the Estimation of Residual Effects of Treatments, *Australian Journal of Scientific Research, Series A: Physical Sciences*, vol. 2, p.149, 06/1949

[24] - Zhang R., Watters C., Duffy J Lookahead Cascade for Table Access on Small Devices - *Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'06)*



## Summary

The motivation behind this master thesis came from a research project involving Regionshospitalet in Randers. The project attempted to implement a large quantity of complex data and information from a book on a PDA. A usability evaluation revealed that the users were not able to use the system and that the system encompasses many problems with the representation of tables. Other studies of mobile HCI have explored different approaches on how to design tables on a PDA, but none of those studies have focused on or included the consequences of a user that is mobile. Other studies revealed that a mobile use situation have an effect on the usability and applicability of an application. The influence of mobility on tables have therefore drawn our attention and we wished to investigate this area of mobile HCI.

In this master thesis we have studied the efficiency and effectiveness of different interaction techniques which were used to interact with tables on a PDA while walking. To answer our research question we conducted three stand alone experiments in a usability laboratory.

The first study examined the efficiency and effectiveness of Scrolling, Panning, Tap-N-Go and Fisheye in a small table with 120 cells. We conducted a within subject experiment with eight right-handed male students from the University of Aalborg. The test subjects accomplished four different tasks with every interaction technique. The tasks were designed to support typical tasks within a table. During the experiment the time to complete the tasks, the error rate and the test subjects workload were measured. The results from the different techniques were compared and analysed.

The second study also examined the efficiency and effectiveness of Scrolling, Panning, Tap-N-Go and Fisheye but in a large table with 600 cells. We again conducted a within-subject experiment with eight new right handed male students from the University of Aalborg. Again the test subjects accomplished four different tasks with every interaction technique and the tasks were also designed to support typical tasks within a table. To make it possible to compare the first two studies we once more measured the time to complete the tasks, the error rate and the test subjects' workload. The results from the different techniques were compared and analysed.

The third study was caused by an effect of practice that was pinpointed in the second study. The second study showed that some of the test subjects were faster the second time they used one of the interaction techniques. Therefore the aim of the third study was to investigate this effect of practice. We conducted an experiment that examined the efficiency and effectiveness of Scrolling and Fisheye in a large table with 600 cells. We conducted a within-subject experiment with 10 right-handed male students from the University of Aalborg. This time the test subjects only accomplished two different tasks with every interaction technique. During the experiment the time to complete the tasks and the error rate were measured, and after completing the test session the test subjects were interviewed about their experience throughout the experiment. The results with the different techniques were compared and analysed to identify the effect of practice.

The key findings from the first study showed that Scrolling was the best interaction technique with regard to efficiency and effectiveness. The data analysis revealed that Scrolling produced the significant lowest time consumption and subjective workload. The analysis of the error rate did not reveal any significant diversification among the four interaction techniques.

In the second study we were not able to find any diversification with regard to the efficiency and effectiveness. The data analysis did not reveal any significant differences among the general time consumption, subjective workload and error rate. The analysis of the different subtasks showed a significant variation among time consumption with the interaction techniques, hence Tap-N-Go had the lowest value with simple look-ups and Scrolling had the lowest value with comparison of rows and Fisheye had the lowest value with comparison of columns. The second study also indicated that users might be influenced by a practice effect, so that the time consumption decreases over time.

Finally the third study revealed that the test subject performed better when exposed to a practice effect. The data analysis showed the test subject were significantly faster after the practice effect. From here the results displayed that the test subject performed 17% faster with Scrolling and 31% faster with Fisheye. We only examined these two interaction techniques because they were the most interesting, due to that Scrolling is a well-known and familiar technique and Fisheye is the new unknown technique.



