



# En reliabilitets- och validitetsstudie av en blickregistreringsutrustning

Ellinor Wahlund

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1350 anställda varav ungefär 950 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömningen av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI  
Totalförsvarets forskningsinstitut  
Ledningssystem  
Box 1165  
581 11 Linköping

Tel:013-378000  
Fax:013-378100

[www.foi.se](http://www.foi.se)

# En reliabilitets- och validitetsstudie av en blickregistreringsutrustning

<b>Utgivare</b> FOI - Totalförsvarets Forskningsinstitut Ledningssystem Box 1165 581 11 Linköping	<b>Rapportnummer, ISRN</b> FOI-R--1665--SE	<b>Klassificering</b> Metodrapport
	<b>Forskningsområde</b> 8. Människa och teknik	
	<b>Månad, år</b> Juni 2005	<b>Projektnummer</b> E7925
	<b>Delområde</b> 81 MSI med fysiologi	
	<b>Delområde 2</b>	
<b>Författare/redaktör</b> Ellinor Wahlund	<b>Projektledare</b>	
	<b>Godkänd av</b>	
	<b>Uppdragsgivare/kundbeteckning</b>	
	<b>Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig</b>	
<b>Rapportens titel</b> En reliabilitets- och validitetsstudie av en blickregistreringsutrustning		
<b>Sammanfattning (högst 200 ord)</b> <p>Arbetets syfte var att utreda reliabilitet och validitet för en blickregistreringsutrustning, JAZZ™ från Ober Consulting, Polen, som finns på FOI i Linköping. Dessutom skulle utredningen klargöra huruvida JAZZ™ kan användas till att detektera mental arbetsbelastning. Tre olika studier gjordes på 17 försökspersoner. Endast sackader i horisontalld studerades, trots att utrustningen har ett flertal andra mätområden.</p> <p>Första studien utredde utrustningens reliabilitet och validitet, den andra och tredje studien studerade mental arbetsbelastning. Samtliga studier var kontrollerade experiment och uppbyggda som test-retest, ingen kontrollgrupp användes utan varje försökspersons resultat jämfördes med sina egna övriga resultat. Även subjektiva bedömningar togs med i utredningen då försökspersonerna fick svara på en enkät efter varje genomfört försök. Frågorna behandlade dels utrustningens komfort, dels upplevelsen av mental arbetsbelastning.</p> <p>Statistiska resultat togs fram med ANOVA Upprepad Mätning i Statistica. Resultaten visade bland annat signifikanta skillnader mellan de olika studierna och inga signifikanta skillnader mellan de inbördes försöken, vilket indikerar att JAZZ™-utrustningen är reliabel och valid. Tillsammans med de subjektiva bedömningarna kan det också påvisas att utrustningen kan detektera mental arbetsbelastning.</p> <p>Rekommendation för fortsatt arbete är att studera JAZZ™-utrustningens övriga mätområden. samt att testa utrustningen i verklig miljö, då samtliga studier i rapporten gjorts i lab-miljö.</p>		
<b>Nyckelord</b> Blickregistrering, ögonrörelser, sackader, mental arbetsbelastning		
<b>Övriga bibliografiska uppgifter</b>	<b>Språk</b> Svenska	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Antal sidor:</b> 133 s.	
<b>Distribution enligt missiv</b>	<b>Pris:</b> Enligt prislista	

<b>Issuing organization</b> FOI – Swedish Defence Research Agency Command and Control Systems P.O. Box 1165 SE-581 11 Linköping	<b>Report number, ISRN</b> FOI-R--1665--SE	<b>Report type</b> Methodology report
	<b>Programme Areas</b> 8. Human Systems	
	<b>Month year</b> June 2005	<b>Project no.</b> E7925
	<b>Subcategories</b> 81 Human Factors and Physiology	
	<b>Subcategories 2</b>	
<b>Author/s (editor/s)</b> Ellinor Wahlund	<b>Project manager</b>	
	<b>Approved by</b>	
	<b>Sponsoring agency</b>	
	<b>Scientifically and technically responsible</b>	
<b>Report title (In translation)</b> A reliability and validity study of an eye tracking system		
<b>Abstract (not more than 200 words)</b> <p>The purpose was to investigate the reliability and validity of an eye tracking system, JAZZ™ from Ober Consulting, Poland, situated at FOI, Linköping. Furthermore, the inquiry was supposed to determine whether JAZZ™ could be a useful tool for detecting mental workload. Three different experiments were made on 17 subjects. Only horizontal saccades were studied, even though the equipment has several other features.</p> <p>The first experiment investigated the reliability and validity of the equipment, the second and third experiments were focused on mental workload. All three experiments were designed and controlled as test-retest, there were no external control group but all subject's were their own controls. Subjective assessments were also a part of the inquiry. The subjects answered a questionnaire after each sub-experiment. The questions covered partly the comfort of the equipment and partly the experience of mental workload.</p> <p>Statistical results were calculated using ANOVA Repeated Measures in Statistica. The results showed that there were significant differences between the different experiments, and there were no such differences between the sub-experiments, which indicate that the equipment is reliable and valid. With the subjective measurements it was also shown that the equipment is able to detect mental workload.</p>		
<b>Keywords</b> Eye tracking, eye movements, saccades, mental workload		
<b>Further bibliographic information</b>	<b>Language</b> Swedish	
<b>ISSN</b> 1650-1942	<b>Pages</b> 133 p.	
	<b>Price acc. to pricelist</b>	



## **Förord**

Jag vill först och främst rikta ett stort tack till alla försökspersoner som ställt upp i studierna. Utan er hade det inte blivit någon rapport! Vidare vill jag tacka mina handledare på MSI, Joakim Dahlman och Staffan Nählinder, för alla råd, all hjälp och konstruktiv kritik som ni har bidragit med. Tack också till Håkan Hasewinkel på MSI som hjälpte mig att få chansen att skriva mitt examensarbete på FOI.

Jag vill även tacka Torbjörn Falkmer på Hälsouniversitetet i Linköping för att tålmodigt ha svarat på de frågor jag haft, och Stefan Wedell för att alltid haft tid att hjälpa till med allt från Exceltips till Matlabprogrammering och feedback.





## Sammanfattning

Arbetets syfte var att utreda reliabilitet och validitet för en blickregistreringsutrustning, JAZZ™ från Ober Consulting, Polen, som finns på FOI (Totalförsvarets Forskningsinstitut) i Linköping. Dessutom skulle utredningen klargöra huruvida JAZZ™ kan användas till att detektera mental arbetsbelastning. Tre olika studier, uppdelade på två försök var, gjordes på 17 försökspersoner. Endast sackader (snabba ögonrörelser mellan två fixationer, då ögonen är fixerade på något) i horisontalled studerades, trots att utrustningen har ett flertal andra mätområden.

Första studien utredde utrustningens reliabilitet och validitet, om JAZZ™ mätte det som avsågs (i det här fallet sackader i horisontalled) samt om mätningarna var konsekventa från ett försökstillfälle till ett annat. Vid den andra studien lades ett muntligt stimuli på uppgiften för att studera mental arbetsbelastning. Den tredje studien var även den inriktad på mental arbetsbelastning. Samtliga studier var kontrollerade experiment och uppbyggda som så kallade test-retest, vilket betyder att ingen kontrollgrupp användes utan varje försökspersons resultat jämfördes med sina egna övriga resultat. Samma försökspersoner medverkade i samtliga studier. Även subjektiva bedömningar togs med i utredningen då försökspersonerna fick svara på en enkät efter varje genomfört försök. Frågorna behandlade dels utrustningens komfort, dels upplevelsen av mental arbetsbelastning.

Statistiska resultat togs fram med ANOVA Upprepad Mätning i Statistica. Resultaten visade bland annat signifikanta skillnader mellan de olika studierna och inga signifikanta skillnader mellan de inbördes försöken, vilket indikerar att JAZZ™-utrustningen är reliabel och valid. Tillsammans med de subjektiva bedömningarna kan det också påvisas att utrustningen kan detektera mental arbetsbelastning.

Rekommendation för fortsatt arbete är att studera JAZZ™-utrustningens övriga mätområden. samt att testa utrustningen i verklig miljö, då samtliga studier i den här rapporten gjorts i lab-miljö.



# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.1.1	Tidigare forskning.....	1
1.2	Syfte.....	2
1.3	Frågeställningar.....	2
1.4	Avgränsningar.....	2
1.5	Disposition.....	3
2	Teori.....	5
2.1	Ögat.....	5
2.1.1	Ögats anatomi.....	5
2.1.2	Synfält.....	8
2.2	Ögonrörelser.....	9
2.2.1	Fixation.....	10
2.2.2	Sackader.....	10
2.2.3	Smooth pursuit.....	11
2.2.4	Vestibulära okularreflexen, VOR.....	12
2.2.5	Optokinetiska reflexen, OKR.....	12
2.2.6	Vergenta ögonrörelser.....	12
2.2.7	Miniatyrrörelser.....	13
2.3	Mental Arbetsbelastning.....	14
2.4	Mental arbetsbelastning vs ögonrörelser.....	15
2.5	Blickregistreringsutrustningar.....	16
2.5.1	Linser.....	16
2.5.2	IR-ljus.....	17
2.5.3	Elektrookulografi, EOG.....	17
2.5.4	Videobaserad metod.....	17
2.5.5	Gaze tracker.....	18
3	Metod.....	19
3.1	Försökspersoner.....	19
3.2	Material.....	19
3.2.1	Enkäternas utformande.....	20
3.2.2	JAZZ™.....	20
3.2.3	Ljusprickprogrammet.....	22
3.3	Tillvägagångssätt.....	22
3.3.1	Studie 1.....	22
3.3.2	Studie 2.....	23
3.3.3	Studie 3.....	24
3.3.4	Efterarbete studie 1.....	24
3.3.5	Efterarbete studie 2.....	25
3.3.6	Efterarbete studie 3.....	26
4	Resultat.....	29
4.1	Resultat Studie 1.....	29
4.1.1	Statistiska resultat Studie 1.....	29
4.1.2	Resultat från enkät 1.....	31
4.2	Resultat Studie 2.....	31
4.2.1	Statistiska resultat Studie 2.....	33
4.2.2	Resultat från enkät 2.....	34
4.3	Resultat Studie 3.....	37

4.3.1	Statistiska resultat Studie 3 .....	37
4.3.2	Resultat från enkät 3.....	39
5	Diskussion .....	45
5.1	Allmän diskussion .....	45
5.1.1	Reliabilitet .....	45
5.1.2	Validitet.....	46
5.1.3	Mental arbetsbelastning.....	47
5.2	JAZZ™-utrustningens användarvänlighet .....	48
6	Slutsats och fortsatta rekommendationer .....	51
7	Referenser.....	53
8	Bilagor.....	56

# 1 Inledning

I detta inledande kapitel beskrivs rapportens bakgrund och tidigare forskning som finns inom området ögonrörelser och mental arbetsbelastning. Även rapportens syfte, frågeställningar och de avgränsningar som gjorts finns med. Slutligen kommer en disposition som beskriver rapportens uppbyggnad.

## 1.1 Bakgrund

På institutionen MSI (Människa–System–Interaktion) tillhörande avdelningen Lednings-system på FOI (Totalförsvarets Forskningsinstitut) i Linköping finns idag en mätutrustning som avser mäta ögonrörelser med hjälp av IR-ljus. Utrustningen kallas JAZZ™ och är tillverkad av Ober Consulting, Polen. MSI har ett flertal liknande utrustningar som mäter ögonrörelser men denna utmärker sig så till vida att den är mindre och därmed mer behändig än andra. JAZZ™-utrustningen avser mäta ögonrörelser i både horisontal- och vertikalled. Den avser utöver ögonrörelser även mäta syrehalt i blodet, huvudrörelser, ljud och luminans. Dessa övriga funktioner är unika för ett blickregistreringsinstrument. Även om FOI har använt JAZZ™-utrustningen tidigare så finns det inga reliabilitets- eller validitetsutredningar kring utrustningen. Det skulle vara av betydelse för FOI att få klarhet i dessa frågor eftersom JAZZ™-utrustningen i så fall är ett behändigt instrument tack vare dess breda användningsområde och övriga funktioner.

### 1.1.1 Tidigare forskning

Duchowski (2003) beskriver två olika kategorier av användningsområden för mätning av ögonrörelser. *Diagnostisk användning* är då ögonrörelser spelas in och analyseras för att t.ex. fastställa ett avsökningsmönster över ett givet stimuli, och *interaktiv användning* kan vara då blicken ska fungera som ett pekinstrument. Den här rapporten kommer att vara inriktad på det diagnostiska användningsområdet, det är inom det området som kopplingen mellan ögonrörelser och mental arbetsbelastning faller in.

Det finns ett flertal användningsområden inom det diagnostiska där mätning av ögonrörelser är av betydelse. Det går att använda inom kliniska underökningar, bl.a. för att studera patienter med neurologiska störningar (Schalén 1981). Det har också gjorts studier som följer ögonens rörelser under vardagliga företeelser, som att göra en kopp te. Duchowski (2003) skriver att det har visat sig att även sådana rutinartade aktiviteter kräver en överraskande omfattande övervakning från ögonen. Sedan långt tillbaka, tidigt 1900-tal, har observationer gjorts om hur vi tittar på och avöker en bild, vilka objekt som fångar vår uppmärksamhet först (Yarbus 1967). Ett vanligt användningsområde är att studera avsökningsmönster för att kunna förbättra gränssnitt. Wetzel et al. (1997) studerade piloters avsökningsmönster och kom fram till att det finns en skillnad mellan erfarna piloter och nybörjare. Blickriktningen, var piloterna tittade, kunde då användas som läromedel och ett verktyg för att förbättra piloternas träning genom att visa ett effektivt ögonrörelseuppträdande. Att en pilots avsökningsmönster kan vara en indikator på både skicklighet och mental arbetsbelastning beskrivs av Tole et al. (1982). De kom fram till att avsökningsmönstret var oförändrat hos skickliga piloter då de utsattes för en muntlig belastning i form av talföljder. Flygtrafikledare, som har ett komplext och krävande arbete, har studerats genom att mäta deras ögonrörelser och hur dessa svarar mot en ökad mental arbetsbelastning (Brookings et al. 1996).

Mycket forskning har bedrivits kring ögonrörelser och många studier beskriver förhållandet mellan ögonrörelser och mental arbetsbelastning. Ögonrörelser och avsökningsmönster har beskrivits som indikatorer på tankar och mental bearbetning under visuell informations-

hämtning (Wetzel et al. 1997). Därifrån är inte steget långt till att koppla ihop ögonrörelser med mental arbetsbelastning, bland annat sackadiska ögonrörelser (snabba ögonrörelser mellan två fixationer, då ögonen är fixerade på något). May et al. (1990) har gjort en studie där spontana sackader och dess omfattning (amplituder) studerades under mental arbetsbelastning i form av matematiska tal. Studien byggde på hypotesen att det kan observeras en krympning av synfältet, så kallat tunnelseende, då mentala krav ökas. Det visade sig att omfånget av sackadiska ögonrörelser var signifikant begränsat då svårighetsgraden och komplexiteten på uppgiften ökade vilket ledde till slutsatsen att dessa mätningar kan ge ett värdefullt index för mental arbetsbelastning. I liknande resultat har Neumann et al. (2002) fått fram en observerad minskning i sackadomfattningen i och med att svårighetsgraden på en mental uppgift (känna igen vänner och fiender) ökade. Van Orden et al. (2001) gjorde en liknande studie med samma slags uppgift. De fick fram att sackadomfånget minskade en aning (från ca 4,5° till ca 3,6°) men att de mest prediktiva variablerna som korrelerade med svårighetsgraden var blinkfrekvens, fixationsfrekvens och pupilldiameter.

Antal sackader per sekund, fixationsfrekvensen, har visat sig fungera som ett index på mental arbetsbelastning. Här går dock olika resultat isär. Enligt Van Orden et al. (2001) höjdes fixationsfrekvensen, och därmed också antal sackader, med svårighetsgrad. Nakayama & Shimizu (2004) har däremot beskrivit hur antal sackader per sekund blev färre då svårighetsgraden på en uppgift höjdes (samtidigt följa ett kors med blicken och besvara muntliga beräkningsuppgifter).

Både IR-teknik och EOG (Elektrookulografi) fungerar bra att mäta sackader med (May et al. 1990. Versino et al. 1992). Videobaserad teknik har däremot bara visat sig fungera bra då sackader överstiger 10° på grund av den låga upplösningen, 60 Hz (Enright 1998).

## 1.2 Syfte

Rapportens syfte är att utreda JAZZ<sup>TM</sup>-utrustningens reliabilitet och validitet. Vidare ska rapporten klargöra om JAZZ<sup>TM</sup>-utrustningen är lämplig att användas som ett instrument för att mäta mental arbetsbelastning. Studierna ska arbeta efter två hypoteser om ögonrörelser och mental arbetsbelastning: att sackader får mindre omfång (lägre amplitud) samt att det blir fler små sackader (under 3°) vid högre mental arbetsbelastning.

## 1.3 Frågeställningar

- Vad blir resultatet av en utredning kring reliabilitet och validitet av JAZZ<sup>TM</sup>-utrustningen?
- Är det möjligt att detektera mental arbetsbelastning med hjälp av JAZZ<sup>TM</sup>?

## 1.4 Avgränsningar

Mätningar av ögonrörelser har begränsats till att mäta sackader i horisontalled. Därav reliabilitets- och validitetstestas JAZZ<sup>TM</sup>-utrustningen endast på dessa ögonrörelser trots att utrustningen klarar av att mäta ett flertal andra parametrar, så som sackader i vertikalled, huvudrörelser m.m.

Mätningarna har skett i kontrollerad lab-miljö, inga studier ute i fält har gjorts. Hur JAZZ<sup>TM</sup>-utrustningen fungerar i verklig miljö återstår att utredas.

## 1.5 Disposition

Kapitel 1 följs av ett teorikapitel där ögat och dess ögonrörelser, mental arbetsbelastning och kopplingen mellan ögonrörelser och mental arbetsbelastning beskrivs. Här finns också en redogörelse för olika typer av blickregistreringsutrustningar. Kapitel 3 beskriver den metod som använts i studien. Försökspersoner, material och tillvägagångssätt ingår i beskrivningen. Därefter i kapitel 4 beskrivs de resultat som framkommit och efter det följer en diskussion. Till sist kommer slutsats och fortsatta rekommendationer.





## 2 Teori

Teorikapitlet inleds med en redogörelse av ögat och dess anatomi, därefter följer en beskrivning av ett flertal ögonrörelser. Sackader kommer då att beskrivas mer ingående än de övriga ögonrörelserna eftersom den här rapporten främst ska behandla sackader. Begreppet mental arbetsbelastning samt dess relation till ögonrörelser beskrivs också och slutligen beskrivs ett par blickregistreringsutrustningar som finns.

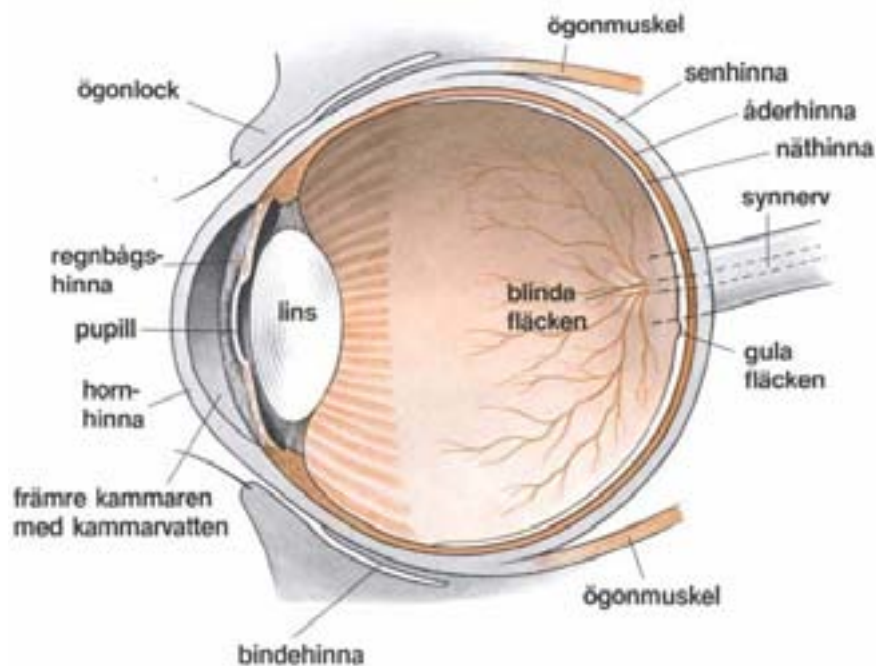
### 2.1 Ögat

Sensoriska receptorerna är receptorer som registrerar inre och yttre stimuli och skickar dessa till hjärnan. Mer än hälften av kroppens sensoriska receptorer finns i ögat vilket gör synen till vårt kanske viktigaste sinne (Tortora & Grabowski 2003). Den största delen av vår omvärld förmedlas genom våra ögon och så mycket som 87 % av all inlärning sker genom det visuella sinnet (OIC System, Vision vs Eyesight 2005).

#### 2.1.1 Ögats anatomi

Ögongloben (*bulbus oculi*) är själva kroppsdelen som förmedlar syn och synintryck. En vuxens ögonglob är ca 25 mm i diameter och av den totala arean är endast en sjättedel synlig mot omvärlden. Ögonglobens vägg består av tre skikt. Det yttersta skiktet är den hårda senhinnan (*sclera*) som framtill övergår i den genomskinliga hornhinnan (*cornea*). Innanför senhinnan finns den kärlrika åderhinnan (*choroidea*) som framtill övergår i ciliarkroppen (*corpus ciliaris*) och regnbågshinnan (*iris*) vars centrala del är pupillen, en cirkulär öppning. Innerst ligger näthinnan (*retina*) med de ljuskänsliga receptorerna. (Nienstedt et al. 1979. Tortora & Grabowski 2003)

Ögats anatomi visas i figur 2.1.



Figur 2.1 Ögats anatomi (Insyn Sverige AB 2005)

**Senhinnan** består av fast, glänsande bindväv och täcker hela ögongloben förutom hornhinnan. Senhinnans uppgift är att ge form och stadga åt ögongloben så att den behåller

sin form samt att skydda ögats inre delar. Ögonvitan är den främre delen av senhinnan. Längst fram på ögat sitter **hornhinnan** som är 0,5 mm tjock och består av tunn transparent hud och transparent bindväv. Dess yta är krökt vilket gör att den hjälper till att fokusera ljus in i näthinnan. Ungefär 75 % av den totala ljusbrytningen sker i hornhinnan vilket gör den till ögats kraftigaste ljusbrytande del. De resterande 25 % av ljusbrytningen sker i linsen (Tortora & Grabowski 2003). Såväl linsen som hornhinnan saknar egna blodkärl.

Mittenskiktet av ögongloben är **åderhinnan**. I åderhinnan finns en stor mängd blodkärl och den förser yttre delen av näthinnan med näring och syre. **Regnbågshinnan** sitter mellan hornhinnan och linsen. Det är den färgade delen av åderhinnan och innehåller pigment som bestämmer var och ens ögonfärg. **Pupillen** är ett cirkulärt hål i regnbågshinnan. Dess storlek regleras genom två muskler som finns i regnbågshinnan, en muskel som vidgar pupillen och en som sluter den. På så sätt reglerar pupillen hur mycket ljus som kommer in i ögat. Vid skarpt ljus drar pupillen ihop sig och i dunkelt ljus vidgar den sig. Pupillen har en relativt bred vidd, den kan utvidgas mellan 1-8 mm beroende på omständigheterna (Wandell 1995).

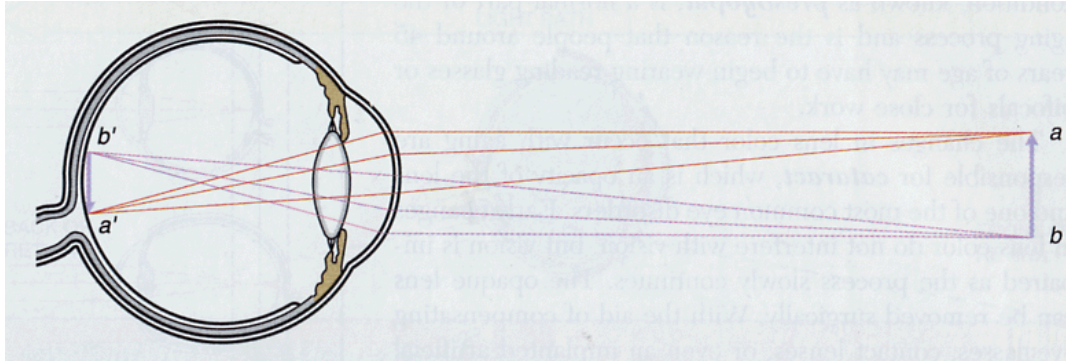
**Linsen** sitter bakom regnbågshinnan och består av vätska och proteiner som ligger som lager på en lök. Linsen är helt transparent och, som tidigare nämnts, har inga egna blodkärl. Den är elastisk, men eftersom proteinerna hela tiden nybildas så blir linsen tjockare och därmed stelare med åren. Linsen omsluts av en hinna som kallas **linskapseln**. Linsen är upphängd i trådar som fäster i **ciliarkroppen** som är en förlängning av åderhinnan. När man tittar på ett föremål som ligger nära ögonen sammandras muskelfibrerna i ciliarkroppen, trådarna som fäster linsen slappas och linsen drar ihop sig och bryter ljuset kraftigare. Detta kallas för ackommodation. När man däremot tittar på ett föremål som ligger längre bort slappas ciliarmuskeln, trådarna spänns och linsen tänjs ut och blir plattare.

Förutom att adaptera linsen för när- eller fjärrsyn producerar ciliarkroppen vätska som finns i **kammarna**. Det finns en **främre kammare** mellan regnbågshinnan och hornhinnan och en **bakre kammare** mellan regnbågshinnan och glaskroppen. Dessa kammare är fyllda med den vätska som ciliarkroppen producerar, **kammarvätska**, som består till största delen av vatten och salt. Vätskan ger näring åt linsen och hornhinnan samt upprätthåller ett tryck i ögat som håller ögongloben spänd och rund. Trycket ligger normalt på 16 mm Hg<sup>1</sup> och skapas av det aktiva utsöndringsarbetet då vätskan cirkulerar i ögat (Tortora & Grabowski 2003). Ciliarkroppen utsöndrar aktivt natriumjoner till den bakre kammaren, därefter cirkulerar vätskan till den främre kammaren, vidare genom tunna öppningar i vinkeln mellan iris och hornhinnan ut till en kanal i senhinnan, Schlemms kanal, och vidare till ögats vensystem och ut i blodet. Genom denna cirkulation blir vätskan helt utbytt ungefär var 90:de minut (Tortora & Grabowski 2003).

**Näthinnan** sitter längst bak i ögat och består av synceller. Bilder som projiceras på näthinnan är upp och nervända samt korsade, ljus från högra sidan av ett objekt skapar en bild på näthinns vänstra sida och vice versa, se figur 2.2. Hjärnan lär sig däremot att tolka och koordinera bilderna tidigt i livet, därav upplever vi bilderna rättvända och på rätt sida.

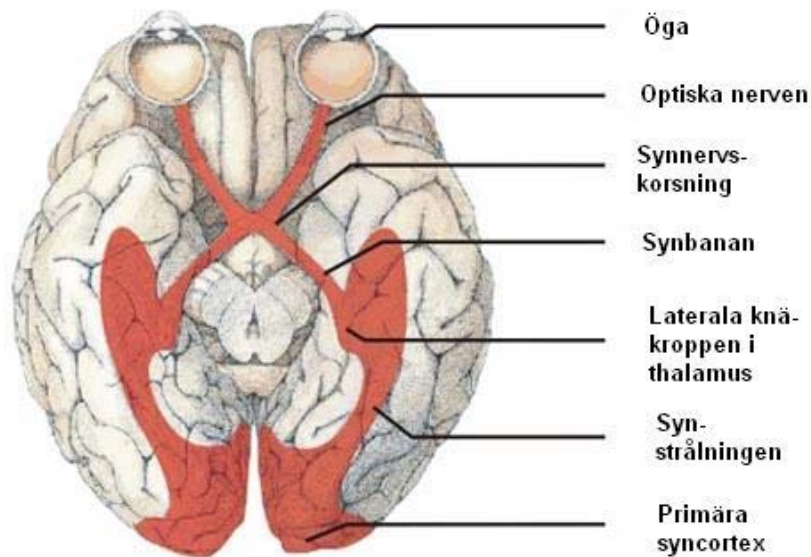
---

<sup>1</sup> Lufttrycket vid havsytan är 762 mm Hg (källa Aftonbladet 2005-03-03)



Tappar och stavar är ljusreceptorer, det vill säga ett slags synceller som tar emot ljus. **Stavar** är ljuskänsliga och används vid mörkerseende. De kan inte uppfatta färger vilket gör att vi i mörker bara kan se i gråskala. **Tappar** kräver större ljusmängder än stavar och kan se färger. Färgseendet baseras på tre olika typer av tappar: röda, gröna och blåviolettera. Det finns ca 6 miljoner tappar och ca 120 miljoner stavar i varje näthinna (Tortora & Grabowski 2003). Människoögat är mycket känsligt för ljus och under gynnsamma förhållanden kan vi få en förmimelse av en enda foton (Nienstedt et al. 1979). Ögat kan effektivt anpassas efter olika ljusförhållanden. Vid ljusadaption, när vi går från mörkt till ljust, ställer ögat om sig för att minska sin känslighet. Det går till största delen på några tiotal sekunder, dock upplever vi först ofta en bländning. Det är resultatet av att det infallande ljuset bryter ner synpigment i tapparna och stavarna. Mörkeradaption, från ljust till mörkt, tar längre tid, totalt drygt 30 minuter (Nienstedt et al. 1979). I totalt mörker laddas stavarna upp över 8 minuter och under de minuterna går adaptionen som snabbast (Tortora & Grabowski 2003).

Mitt i näthinnan, i ögats optiska axel som går genom hornhinnan och linsen, finns **gula fläcken**. Här sitter tapparna som tätast medan stavarna finns i utkanten av näthinnan. **Centralgropen** ligger i centrum av gula fläcken och innehåller endast tappar. I centralgropen, som är ca 1,5 mm i diameter, har vi det mest skarpa detaljseendet (Wandell 1995). **Synnerven** börjar inom näthinnan och löper ut till bakre delen av hjärnan. På vägen korsas större delen av nervbanorna i **synnervskorsningen** så att vänstra hjärnhalvan "ser" högra halvan av synfältet och vice versa, se figur 2.3. Vid det ställe på näthinnan där synnerven går ut från ögongloben finns **blinda fläcken**. Där finns inga synceller alls. Blinda fläcken märks inte vid vanligt seende eftersom den saknade delen av synfältet fylls ut av information från det andra ögat. Utrymmet mellan lins och näthinnan fylls ut av **glaskroppen**. Det är en geléartad massa som till 98 % består av vatten och bidrar till ögats tryck (Nienstedt et al. 1979). Glaskroppen, liksom hornhinnan och linsen, saknar blodkärl.



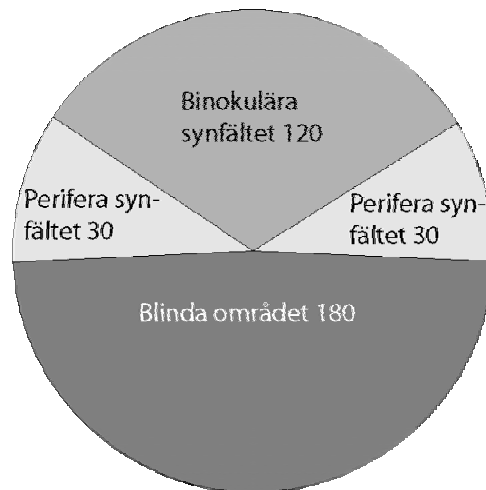
**Figur 2.3** Den visuella signalens väg (Institute for biological information processing 2005)

Det finns sex **ögonmuskler** som fäster vid ögonkloben och styr ögats rörelser. Fyra raka muskler styr ögat rakt upp, rakt ner och åt sidorna. Två sneda muskler styr ögats vridrörelser. Generellt är motorenheterna i dessa muskler mycket små, några motorneuron tjänar endast två eller tre muskelfibrer. Det ger smidiga, precisa och snabba rörelser av ögat. Det finns också en sjunde ögonmuskel som lyfter övre ögonlocket. Ögat skyddas av **ögonhålan** som är fylld av lucker och fett som bildar en mjuk bädd åt ögat. Framifrån skyddas ögat av **ögonlocket**.

**Tårkörteln** sitter ovanför ögonkloben och utsöndrar **tårvätska**, en vätska som fuktar hornhinnan och som innehåller näringsämnen för hornhinnans yttre cellager. Utan tårvätska skulle ögat torka ut. Tårvätskan förs från tårkörteln nedåt mot ögonvrån när vi blinkar, och sedan vidare via två tårkanaler, tårsäcken och näs-tårgångarna till näshålan. På insidan av ögonlocket, längs ögats främre del och fram till hornhinnan, finns **bindehinnan**. Det är en blodkärlsrik slemhinna som producerar smörjande ämnen till tårvätskan och underlättar ögats rörelser. Blinkreflexen får ögonlocket att slutas och skyddar därmed ögat. Reflexen utlöses av synintryck, till exempel att något närmar sig ögat, beröring av ögonlock eller beröring av hornhinnan eller bindehinna. Ögonfransar och ögonbryn skyddar ögat från främmande objekt, svett och solljus.

### 2.1.2 Synfält

Allt som kan ses med ett öga är ögats synfält. Människan har binokulärt synfält (figur 2.4), vilket betyder att våra synfält överlappar varandra. Det är tack vare den överlappningen som vi kan uppleva djup och därmed se 3-dimensionella bilder. Utanför det binokulära synfältet finns det perifera synfältet, där vi är medvetna om vad som händer men kan inte se det. Människan har en binokulär synbredd på 50-60° åt vardera hållet, alltså totalt 100-120°. Totala synfältet, inkluderat det perifera synfältet, är ca 180° (Jakobsson 2005).



**Figur 2.4** Människans synfält. i grader

Det visuella systemet kan ses funktionellt som två subsystem som är ansvariga för två frågor: *var* är stimulus, och *vad* är det (Szczuchura et al. 1998). Dessa två frågor speglar två olika synsätt på seendet och på visuell uppmärksamhet. Synsättet ”var” kommer från sent 1800-tal och bygger på att människan har en tendens att låta sin uppmärksamhet vandra till nya saker i ett rum eller en omgivning. På 1900-talet började det komma förslag att uppmärksamheten istället är mer kopplad till en föreställning eller en tanke och att uppmärksamhet kan definieras i termer av ”vad”, eller mening eller förväntan som associeras till uppmärksamhetsfokus. Duchowski (2003) har föreslagit att frågorna ”var” och ”vad” besvaras med fokal och kringliggande syn.

Fokal syn är svaret på *vad* det är och det fokala synfältet är det vi ser framför oss. Den fokala synen ligger inom 1-5° och utgör endast 2 % av det totala seendet. Systemet ger detaljer och har hög spatial upplösning. Information som bearbetas i detta system är ofta väl representerad i medvetandet. (Alfredsson et al. 2004, Duchowski 2003)

Kringliggande syn är svaret på *var* det visuella stimuli är beläget. Lokalisering och orientering sköts mestadels av den kringliggande synen. Systemet svarar främst till stimuli av relativt stora vinklar och aktiveras typiskt av stimuli i perifera delen av synfältet. Dessa stimuli har låg spatial upplösning och systemet är relaterat till dynamik och bildkvalitet. Den kringliggande synen är också mer känslig för rörliga föremål än stationära och kan ses som ett slags varningssystem att något är på väg in i det fokala synfältet. Det kringliggande synfältet täcker all information, även då informationen inte används. Systemet fungerar relativt omedvetet och oftast vet vi inte om systemet är aktiverat eller ej. (Duchowski 2003)

Kringliggande och fokal syn fungerar oberoende av varandra. Detta märks tydligt då vi t.ex. tar en promenad. Fokala seendet är då helt involverat i alternerande fixationer och saccader som är kopplat till visuella signaler. Tack vare intag av perifera stimuli möjliggör kringliggande synen samtidigt rörelser i en fixerad riktning. (Szczuchura et al. 1998)

## 2.2 Ögonrörelser

Seendet är inte ett passivt skeende utan ögonen rör sig aktiv när vi söker information. Båda ögonen rör sig alltid samtidigt och nästan alltid i samma riktning, även om vi blundar med ett öga. Vi rör ögonen främst för att få information från den visuella omgivningen och för att stabilisera bilder på näthinnan under huvudrörelser. Skärpan på objektet vi tittar på beror på

positionen av våra ögon. En av basfunktionerna för rörelsekontrollsystemet är att positionera och stabilisera ögonen så att den projicerade bilden av ett objekt hamnar på centralgropen där vi har det skarpaste seendet. (Yarbus 1967)

Bilden som ligger på näthinnan, retina, har en hastighet. Det finns en optimal hastighet för att varsebli den spatiala frekvens som vi är intresserade av och därmed få bäst syn. Kvaliteten på vad vi ser avgörs av hur nära den retinala hastigheten är den optimala. Den retinala hastigheten är mycket liten i jämförelse med andra motoriska rörelser, som t.ex. huvudrörelser. Synkvaliteten beror alltså på både var bilden finns på näthinnan, relationen mellan ögonposition och objektposition, och bilden hastighet. (Carpenter 1991)

Eftersom världen är sedd som stabil och klar genom synfältet är vi ofta omedvetna om våra egna ögonrörelser och den integrerande process som sker. Wetzel et al. (1997) menar att ögonrörelser och avsökningsmönster är indikatorer på tankar och mentala bearbetningar som är involverade under insamlande av visuell information. Då en människa tittar på ett objekt fixeras ögonen, frivilligt och ofrivilligt, på element i objektet som har, eller skulle kunna ha, information. Ju mer information desto längre stannar ögat på objektet. Hur vi tittar på ett objekt är också beroende på vårt eget syfte, vad det är vi "vill" se. Fördelningen av fixationspunkter på objektet ändras beroende på observatörens syfte, t.ex. vilken information han vill erhålla då olika information finns på olika ställen på objektet. Folk som tänker olika har en tendens att titta olika på objekt. (Yarbus 1967)

### **2.2.1 Fixation**

En fixering uppstår då båda ögonen inriktas mot samma punkt, då vi tittar på något stillastående objekt. Cirka 90 % av vår syntid spenderas på fixationer och det är under dessa fixationer som vi registrerar visuell information (Duchowski 2003). En fixationspunkt är föreslagen att ligga runt 1-3° i den visuella vinkeln (Falkmer 2005, Inui 1996). En normal fixation pågår i 360 ms och nästan ingen fixation är kortare än 100 ms. En fixation har förutom ett durationsvärde även ett lokaliseringvärde. En fixeringslokalisering kan bestämmas både kvantitativt och kvalitativ. Den kvantitativa vinkeln ger information om *var* i synfältet fixeringen finns och *hur länge* den håller på. Den kvalitativa ger information om *på vad* fixationen är lokaliserad, vad det är vi tittar på. (Falkmer 2005)

### **2.2.2 Sackader**

En sackad är den förflyttning som sker av ögat mellan två fixationer och dess huvudfunktion är att ändra fixationspunkt. Om sackaden överstiger 30° är ofta huvudet involverad i rörelsen. Slutet av en sackad är alltid början på en ny process av seendet eftersom ögat då har intagit en annan position än tidigare och är riktad mot något nytt. Då en sackad väl påbörjats kan den inte modifieras, den måste alltid fullföljas så som det var tänkt då den startade innan något annan del av seendeprocessen kan ta vid. Under en sackad är insignalerna till det visuella systemet helt blockerade för flera dussin millisekunder och man tar inte in någon visuell information alls, något som kallas sackadiskt bortträngande. (Carpenter 1991, Yarbus 1967)

Sackader kan beskrivas med tre parametrar: amplitud, duration och maxhastighet. En sackads amplitud är hur långt i sidled (vid horisontella sackader) eller hur mycket upp eller ner (vid vertikala sackader) som ögonen rör sig då de utför en sackad. Duration är den tid som en sackad håller på, tiden mellan två fixationer. Durationstiden för en sackad ligger mellan 10 ms och 100 ms, alltså betydligt kortare än en fixations durationstid. Maxhastigheten på en sackad nås strax innan hälften av förflyttningen av ögat är gjord, därefter avtar hastigheten gradvis. Detta för att ögonen i den andra halvan av förflyttningen ska hamna så exakt som möjligt på

det objekt dit sackaden är på väg. Hastigheten är alltså inte konstant under en sackad. (Carpenter 1991)

En ökning av amplitud är kopplad till sackadhastighet tills hastigheten når ett max, som ligger på runt  $500^\circ/\text{s}$ .<sup>2</sup> Därefter kan amplituden bara växa genom en ökning av rörelseduration, ju högre amplitud desto högre hastighet (Carpenter 1991). Till exempel har en sackad med amplitud på  $5^\circ$  en maxhastighet på  $200^\circ/\text{s}$ , medan maxhastigheten kommer upp till  $450^\circ/\text{s}$  för en sackad med amplitud på  $20^\circ$  (Yarbus 1967). Sackader är långsammare i mörker och de är som mest långsamma då ögonlocken är stängda (Schalén 1981). Sackadhastighet påverkas inte bara av amplitud och ljusförhållanden, utan också av uppmärksamhetsnivå. Om en person är trött blir en andel av hans sackadiska rörelser anmärkningsvärt långsamma. Även droger som skadar medvetandet (t.ex. alkohol) saktar ner sackader och gör att ögonen inte hänger med lika effektivt som i normala fall. Sackadhastighet anses generellt vara en känslig indikator för medvetandetillstånd och kan därmed användas vid mätning av mental arbetsbelastning.

Även en sackads duration är beroende på dess amplitud. Ett par graders amplitud ger en duration på 10-20 ms medan för  $20^\circ$  kan durationen bli mer än 70 ms. Även två sackader med samma amplitud kan ha olika duration, det kan variera så mycket som 10 ms mellan två lika stora sackader. Däremot påverkas inte durationen av var ögat startar sin rörelse eller riktningen på sackaden. (Yarbus 1967)

En människa kan inte själv ändra en sackads hastighet eller karaktär. Även om det skulle kännas som om vi kan göra en sackad snabbare så har vi i själva verket bara upplevt en minskning av fixationsdurationen av punkterna mellan vilka sackaden ägde rum. En upplevd långsam sackad är egentligen två-tre sackader utförda efter varandra. (Yarbus 1967)

Tillsammans med fixationer utgör sackader en okularmotorisk cykel (ungefärlig tid):

- bestämning av nästa fixationspunkt (50 ms)
- överföring av information angående rörelseparametrar till motoriska systemet (30 ms)
- rörelse av ögonloben till ny position (30 ms)
- överföring av information till centrala nervsystemet (60 ms)
- avkodning av information (60 ms)

Durationen av en cykel har en bred vidd beroende på komplexitet och typ av uppdrag, från 200 ms då en vanlig text läses till 1000-1500 ms då t.ex. ett pilotinstrument i ett flygplan ska avläsas. Under en typisk cykel, t.ex. läsning av en text, ges ca 200 ms per cykel till kognitiv aktivitet och ca 30 ms till motorisk aktivitet av ögonen. Under komplexa uppdrag, som att avläsa pilotinstrument, kräver den kognitiva aktiviteten mer tid relativt den motoriska aktiviteten. (Szczechura et al. 1998)

### 2.2.3 Smooth pursuit

Smooth pursuit är en långsam rörelse som sker då vi följer något med blicken, då ögat följer ett föremål medan huvudet är stilla. Ögonrörelsen följer bäst ett objekt om hastigheten ligger under  $30^\circ/\text{s}$ . Då objektet når högre hastighet,  $40^\circ/\text{s}$  och över, klarar inte ögonloben av att följa föremålet och ögat börjar göra sackadiska rörelser i den riktning där objektet finns för att behålla skarp syn. Under normala omständigheter kan inte en smooth pursuit ske om det inte finns något rörligt objekt i synfältet att följa. I början av ögonrörelsen är dess hastighet mindre än hastigheten på objektet för att sedan, inom 100 ms, anpassas till objektet. Om objektets

---

<sup>2</sup> Detta maxvärde är dock mycket individuellt och kan variera från  $350^\circ/\text{s}$  upp till  $700^\circ/\text{s}$  från person till person,

hastighet inte är konstant kommer ögonrörelsen också att modifieras. Om objektets och ögonens hastighet matchar kan ögonen stabiliseras på objektet och detaljer kan urskiljas (Wetzel et al. 1997). Smooth pursuit måste få lite tid på sig att utvecklas och därför får det rörliga objektet inte ha en för snabb hastighet när det passerar synfältet. I vanliga fall då ett objekt dyker upp får hastigheten inte överstiga  $200^{\circ}/s$ , men om objektet dyker upp oväntat får hastigheten inte överstiga  $150^{\circ}/s$ . (Szczechura et al. 1998. Yarbus 1967)

#### **2.2.4 Vestibulära okularreflexen, VOR**

VOR (vestibulära okularreflexen) är ögats kompensation då blicken hålls stilla men huvudet rör sig. Då huvudet gör en rörelse i någon riktning rör sig ögonen i en lika lång men motriktad sträcka. VOR används för att behålla blickstabilitet och visuell aktivitet (Leigh & Zee. 1991). Signalerna som styr ögonrörelsen kommer inte från något visuellt stimuli utan från en struktur i innerörat som heter vestibularapparaten. Dess funktion är att känna av och signalera huvudrörelser och funktionen bidrar till koordination av motorik, ögonrörelser och kroppshållning. 10-20 ms efter det att huvudet har påbörjat en rörelse startar ögats kompensation. Syftet är att stabilisera bilden på näthinnan medan huvudet rör sig. Kompensationen är dålig vid låga frekvenser som 0,05 Hz och bäst vid frekvenser på 1-7 Hz. Som jämförelse har gång en frekvens på 1 Hz, och löpning på 4-6 Hz. (Brännström 1997)

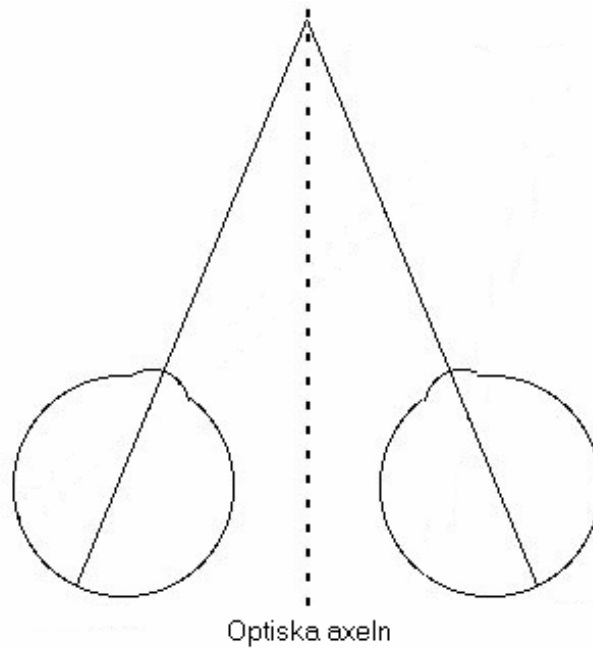
#### **2.2.5 Optokinetiska reflexen, OKR**

OKR (optokinetiska reflexen) är den rörelse som ögat gör då det följer ett föremål, gör sedan en sackad och börjar om, som när vi tittar ut genom ett tågfönster då tåget är i rörelse. Till skillnad från VOR, som använder vestibulara insignaler, använder OKR visuella insignaler för att stabilisera bilden på näthinnan. Dessa två samverkar för att maximera ögonkompensationsansvaret för alla möjliga huvudrörelser. VOR är snabb och arbetar bäst vid 1-7 Hz, medan OKR är mycket effektiv vid 0,1 Hz och under. Kombination mellan dessa ger maximal bildstabilisering. (Brännström 1997)

#### **2.2.6 Vergenta ögonrörelser**

Vergenta ögonrörelser, eller "vergence eye movements" som det också kallas, utförs då ett föremål på långt håll närmar sig eller avlägsnar sig längs den optiska axeln, se figur 2.5. En sådan rörelse kan vara konvergent, då ett föremål närmar sig och ögonen blir mer korsade, eller divergent, då ett föremål avlägsnar sig och ögonen blir mindre korsade. Det är den enda ögonrörelse då ögonen rör sig olika i förhållande till varandra, under alla andra rörelser rör de sig alltid åt samma håll. Rörelserna är långsamma med en maxhastighet på  $10^{\circ}/s$  och en duration som är ett tiotal gånger längre än en sackad, mer lik en fixation till längd (Yarbus 1967). Rörelserna kan endast utföras av människor och djur med binokulär syn, så att båda ögonen kan riktas mot ett enda objekt eller händelse. (Uhlin 1996)





**Figur 2.5** Blicken längs optiska axeln

### 2.2.7 Miniaturrörelser

Det finns tre ögonrörelser som är mycket små med amplituder under  $1^\circ$  och som främst används för att karaktärisera fixationer: mikrosackader, drift och tremor. Dessa rörelser är helt ofrivilliga och kan inte styras och kan ses som brus i kontrollsystemet. (Duchowski 2003)

#### Mikrosackader

Mikrosackader är snabba steglignande förändringar i ögonposition som uppkommer för att hålla bilden fixerad på näthinnan och i centralgropen. Under en smooth pursuit-rörelse då bilden är fast på näthinnan, kan det ske små störningar vilket gör att bilden inte är helt stabil på näthinnan utan glider lite. Mikrosackader rättar till dessa fel och kompenserar för "urglidningen" och flyttar på så sätt tillbaka bilden till centralgropen. Mikrosackader används också då bilden av fixationspunkten hamnar för långt bort från centralgropen på grund av drift. En sackad landar sällan direkt i den fixationspunkt ögonen var på väg till utan det sker en korrektion. Korrektioner av sackader sker av mikrosackader när den primära sackaden är avslutad, eftersom vi är blinda under själva sackaden och då inte kan ta in information för att kunna göra några korrektioner. Durationen av mikrosackader beror, precis som andra sackader, på dess amplitud som vanligen ligger runt  $0,1^\circ$ . Mikrosackader har en mycket snabb duration, 10-20 ms, vilket gör att vi inte uppfattar dem. (Carpenter 1991, Uhlin 1996, Yarbus 1967)

#### Drift

Drift är relativt långsamma rörelser med en hastighet på  $0,07^\circ/s$  och en amplitud på  $0,08^\circ$  (Lantz & Segerhammar 1980). Det är en ojämn rörelse som gör att bilden av fixationen på varje öga stannar kvar inom centralgropen. Drift och mikrosackader har liknande uppgifter men drift är "vanligare", de sker mer frekvent. Vid fixation över en lång tid går 97 % av tiden till drift och 3 % till mikrosackader. (Yarbus 1967)

## Tremor

Tremor är en oscillerande rörelse runt ögats axel med hög frekvens, 30-80 Hz, och låg amplitud,  $0,0014^\circ$ - $0,0042^\circ$  (Lantz & Segerhammar 1980). Rörelsen utförs för att ljus-receptorerna i ögat, tapparna och stavarna, inte ska bedövas av kontinuerlig belysning. Den komplicerade rörelsen gör att den är svår att mäta och studera. Drift och tremor följs alltid åt, men trots det så är de olika rörelserna oberoende av varandra. (Yarbus 1967)

## 2.3 Mental Arbetsbelastning

Det är svårt att exakt definiera mental arbetsbelastning. En ansats är att arbetsbelastning syftar till krav ålagda en människa genom en given uppgift (Gopher & Baune 1984). Rapporten Garteur (2001) föreslår 9 olika dimensioner som mental arbetsbelastning kan delas in i: tidspress, egen prestation, mental ansträngning, fysisk ansträngning, frustration, stress, trötthet, typ av aktivitet och svårighetsgrad på det givna uppdraget. Var och en av dessa dimensioner ger en mätbar effekt på den informationsbearbetning som operatören har kapacitet till. Mätningar av kraven är ett försök att bedöma prestationsgränser och karakterisera villkor under vilka uppdragsvillkoren kan eller inte kan uppfyllas av operatören (May et al. 1990). Det är viktigt att övervaka dessa dimensioner eftersom mänsklig kapacitet är begränsad och uppgiftsbelastning troligen kommer att ge sämre prestation (Eggemeier & Wilson 1991).

Prestation är starkt kopplat till mental arbetsbelastning. En viss mängd mental arbetsbelastning kan skärpa våra sinnen och få oss att utföra uppgifter bättre och mer effektivt. Om en uppgift inte ger något stimuli alls i form av mental arbetsbelastning finns det en risk att vi tappar koncentrationen och därför utför uppgiften sämre. Vid allt för hög arbetsbelastning kan vi tappa koncentrationen av en annan anledning, om vi utsätts för alltför mycket att hålla reda på kan det sluta med att vi inte har någon koll på något alls.

Önskan att mäta mental arbetsbelastning är motiverad genom behovet att kunna förutse situationer där en operatörs prestation kommer att avta och gå tillbaka (Tole et al. 1982). May et al. (1990) skriver att mänsklig prestation har en övre gräns och med ökade uppdragskrav närmas och/eller överskrids den gränsen med negativa konsekvenser för prestationen. Schmidt (1978) har föreslagit att det endast är en liten eller ingen försämring i prestation innan misslyckandet är nära och därför är mätningar för mental arbetsbelastning av högsta intresse.

Hankins & Wilson (1998) beskriver hur mätning av mental arbetsbelastning generellt är indelad i tre kategorier: prestation, subjektiva faktorer och psykofysiologiska faktorer. Prestationmätning övervakar operatör- och systemprestation under ett uppdrag och försöker objektivt bestämma nivån av fullständigt slutförande av uppdraget. Subjektiva mätningar efterlyser skattning av mental arbetsbelastning från operatören som han/hon upplevde under utförandet av uppdraget. Psykofysiologiska mätningar övervakar olika fysiologiska parametrar hos operatören för att fastställa en nivå av mental arbetsbelastning. Hjärtat, andning, ögon, hjärna och hormonmätningar är parametrar som har använts. Psykofysiologiska mätningar har av ett flertal forskare föreslagits vara det bästa sättet att mäta mental arbetsbelastning. May et al. (1990) anser att sådana mätningar vanligen inte är störande eller inkräktande för uppdraget. Förutom det påverkar psykofysiologiska mätningar inte prestationen avsevärt enligt Brookings et al. (1996), som dessutom skriver att många ser mätning av elektrisk aktivitet i hjärnan (EEG) som ett direkt sätt att bestämma kognitiva krav. Även Neumann & Lipp (2002) anser att psykofysiologiska mätningar är de bästa när det gäller att svara upp till den multidimensionella naturen hos mental arbetsbelastning.

När mätningar av mental arbetsbelastning görs måste hänsyn tas till den omgivning där mätningarna sker så att de eventuella instrument och utrustningar som används inte påverkas av något i omgivningen, utan verkligen detekterar förändringar som uppkommer till följd av den mentala arbetsbelastningen. Vid subjektiva mätningar måste stor hänsyn tas till utförande av t.ex. frågor (om detta sätt används) så att inga eventuella missförstånd uppstår och så att den eller de som utför mätningarna får reda på rätt saker. Subjektiva mätningar är också, precis som namnet antyder, mycket subjektivt och individuellt. Vad en person tycker är mycket ansträngande kanske en annan inte alls håller med om, trots att de fått liknande prestations- och mätresultat.

## 2.4 Mental arbetsbelastning vs ögonrörelser

En psykofysiologisk mätningss metod som nämnts är ögon, och ögonsystemet kan vara en bra indikator på mental arbetsbelastning. Detta eftersom ögonrörelser generellt indikerar fokus för visuell uppmärksamhet, var och hur någon tittar relaterar till nivå av mental arbetsbelastning (Garteur 2003). Parametrar som då mäts kan vara blinkduration, blinkfrekvens, fixationduration, fixationfrekvens, sackadrörelser och relativ pupilldiameter. Sackader görs för att fokusera uppmärksamheten på viktig information, och den efterföljande fixationen är nödvändig för att bearbeta den informationen. Högre fixationsfrekvens, fler antal fixationer under kortare tid, kan därmed indikera högre mental arbetsbelastning. Andra parametrar som ändras med mentala krav är att blinkfrekvensen minskar (Brookings et al. 1996), den relativa pupilldiametern blir större (Nakayama & Shimizu 2004, Van Orden et al. 2001) och fixationduration blir kortare (Szczechura et al. 1998) vid högre mental arbetsbelastning. Sackader tenderar att få mindre omfång (rör sig inte lika långt i horisontal- eller vertikalled, får mindre amplitud) och sackadhastigheten ökar då uppdrag blir svårare och kräver mer kognitiv verksamhet (Szczechura et al. 1998, Van Orden et al. 2001). Olika parametrar är mer eller mindre lämpliga vid olika mätningar. T.ex. är blinkparametrar mer känsliga för höga visuella krav medan sackadrörelser är känsliga för krav på en skala då medelmåttiga krav kan särskiljas från höga krav. (Garteur 2003)

Avsökningsmönster är också en indikator för mental arbetsbelastning då vi verkar ändra fixationduration för vissa områden då de mentala kraven ökar. Många studier har gjorts på piloter och flygtrafikledare som påvisar just detta, t.ex. Willems et al. (1999). De visade att en ökad påfrestning på flygtrafikledare ledde till att en större yta blev täckt av fixationer. Fixationerna fördelades också olika på radarn och andra områden beroende på påfrestningarna. Även det funktionella synfältet har funnits vara känsligt för kognitiv belastning genom att det ändras i storlek i enlighet med kraven. Då kraven ökar observeras en typisk förminskning av synfältet, s.k. tunnelseende uppstår (May et al. 1990).

Mätningar av ögonaktivitet kan kräva komplexa inspelningsanordningar och signalbehandling i jämförelse med att t.ex. mäta hjärtfrekvens eller blodtryck. Trots detta finns många fördelar med mätningar av ögonrörelser. De är relativt diskreta, operatören kan ofta bortse från mätutrustningen och kan istället koncentrera sig på uppdraget och de har potential att standardisera belastningsnivåer över olika typer av uppgifter eller individer (Kramer 1991). Koppling mellan ögonrörelser och visuell uppmärksamhet är uppenbarligen stark och kan ge möjligheter till en inblick i en persons tankeprocess. Det finns dock begränsningar i användbarhet hos ögonrörelseparametrar. Alfredsson et al. (2004) beskriver fem olika begränsningar som bör tas i beaktande då det gäller mätning av EPOG<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Eye Point of Gaze, där vi har blicken, Vanligen där vi har vår uppmärksamhet,

- 1) Mätningarna beror på visuell information. Mänsklig uppmärksamhet påverkas av andra saker såsom t.ex. ljudlig information.
- 2) En person kan vara uppmärksam på en händelse eller ett objekt även i det perifera synfältet (dock endast stora, välkända saker som solen eller marken).
- 3) Att fokusera på eller följa ett objekt behöver inte tyda på en hög grad av uppmärksamhet och kännedom.
- 4) Vilken information ska inkluderas i analysen? Ibland är en väldigt kort glimt nog för att en person ska uppmärksamma något, ibland inte.
- 5) Den övervägande delen av informationen som kommer från EPOG är relaterad till det nuvarande läget och endast en liten del kan relateras till det förgångna eller framtiden. Det är svårt att bedöma vilken information som hör till vilket läge.

Ögonrörelser påverkas av bl.a. trötthet, stress och ljusnivå. Att mäta mental arbetsbelastning med ögonrörelsedata blir därför som mest effektivt då det kan användas tillsammans med andra data, som till exempel subjektiv bedömning eller mätning av hjärnpotential. (Alfredsson et al. 2004, Garteur 2003)

## 2.5 Blickregistreringsutrustningar

Det finns ett flertal instrument och utrustningar som används för att mäta ögonrörelser. Det är inte heller ovanligt att de samtidigt mäter blinkfrekvens, pupilldiameter och huvudrörelser. Nyttan med att mäta ögonrörelser är stor. Sedan tidigt 1900-tal har en mängd metoder utvecklats för detta syfte (Wetzel et al. 1997). Inspelning av ögonrörelser är viktig för förståelse av visuella funktionen och har ett brett användningsområde inom medicinen. Även gränssnitt mellan människa och artificiella system kan förbättras. Att utvärdera gränssnitt kan användas till bra design av gränssnittet och att försäkra sig om att gränssnittet verkligen är bra. Avsökningsmönster hos t.ex. piloter och flygledare kan ge värdefull information om hur instrumentbrädan ska se ut för optimal användning (Pruchner et al. 2004). Även en bilförares avsökningsmönster kan ge viktig information om hur skyltar i trafiken ska placeras och hur vägarna ska utformas. De flesta blickregistreringsutrustningar mäter eye point of gaze, EPOG, vilket är läget för fixationen, där vi tittar. Med EPOG-utrustning kan man mäta fixationsobjekt, fixationsduration, fixationsfrekvens, fixationsintervall och visuellt avsökningsmönster. Andra seendemätare av intresse är blinkningsfrekvens, sackadrörelser, pupillförändring, m.m. (Alfredsson et al. 2004)

Det finns många olika slags blickregistreringsutrustningen, från kontaktlinser som sätts direkt på ögat till moderna metoder som bygger på neurala nätverk. De vanligaste metoderna idag är sådana som bygger på infrarött ljus, ögonmusklernas potential eller videobaserade program.

### 2.5.1 Linser

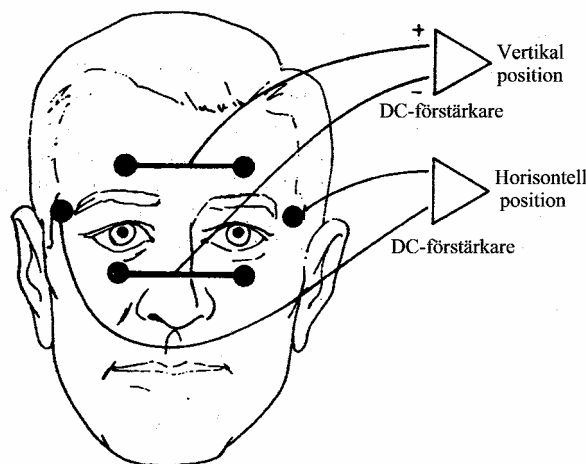
Linser var den första typen av blickregistreringsinstrument och på 1950-talet utvecklades linsmetoden (Brännström 1997). Det är stora kontaktlinser som täcker både hornhinna och senhinna som sätts in i ögat. På linsen sätts sedan olika objekt, allt ifrån små speglar till elektriska spolar. Tack vare den fysiska kontakten med ögat ger denna metod mycket känsliga och precisa mätningar. Den uppenbara nackdelen är att metoden är invasiv och påträngande, linsen känns ofta obehaglig att bära och vid längre tidsperioder kan den också börja skava på ögat. Själva insättandet av linsen är även det en svår procedur som kräver mycket övning och skicklighet. Allt detta gör att metoden inte används speciellt mycket idag, trots det exakta mätresultatet. (Duchowski 2003)

### 2.5.2 IR-ljus

Många inspelningsinstrument använder infraröd optoelektronik för att mäta ögonrörelser. Dessa utrustningar har ofta bra upplösning, 0,2° eller bättre. Alla dessa anordningar använder en ljuskälla belägen nära ögat som skickar ut (i de flesta fall) IR-ljus. Ljuset reflekteras och på så sätt spåras antingen ”glimt” i ögat eller en reflektion från gränssnittet mellan senhinnan och iris. I den förstnämnda baseras ögonpositionen på skillnaden mellan en skattning av pupillcentrum och positionen av hornhinnereflexioner. Denna metod användes i sin första form så tidigt som 1901 och har genom åren utvecklats och förfinats och är därför mycket vanlig idag. Den andra mäter skillnad mellan intensitet av IR-ljus som reflekteras från senhinnan och iris. Sedan predikteras ögonposition genom att använda en statistisk metod, t.ex. multipel regression. (Pruchner et al. 2004, Duchowski 2003)

### 2.5.3 Elektrookulografi, EOG

EOG (elektrookulografi) mäter den elektriska potentialen över ögat som frambringas av ögonmusklerna då ögonen rör sig. Potentialskillnaden ligger mellan 0,40 och 1,0 mV. För att mäta en persons fixationspunkt placeras elektroder över, under och på sidorna om ögat och sedan används likspänningen för att mäta rörelser i fyra led (upp, ner, höger, vänster), se figur 2.6. Om en elektrod placeras på näsryggen kan också vergenta ögonrörelser (vergence eye movements) mätas. Då de visuella kraven i ett uppdrag ändras kommer EOG-mätningarna att ändras därefter (Garteur 2003). EOG är en enkel och relativt billig metod men har ganska dålig noggrannhet. Därför används den mest vid kliniska undersökningar där den exakta precisionen är mindre viktig. Den har det största användbara vinkelområdet och kan användas för ögonrörelser på upp till  $\pm 70^\circ$ . På 70-talet var denna metod den mest använda, idag har mätning av hornhinnereflexion tagit över som den ledande metoden (Brännström 1997, Duchowski 2003).



Figur 2.6 Elektroders placering vid EOG-mätning (Young & Sheena 1975)

### 2.5.4 Videobaserad metod

I den här metoden placeras en videokamera bredvid och en bakom försökspersonen och sedan tas foton av ögonen genom reflexioner i en spegel. På så sätt störs inte försökspersonens seende eller rörelsemönster. Allt eftersom tekniken har gått framåt så har metoden förfinats, med en videokamera kan man nu också mäta var försökspersonen tittar genom att studera rörelser från både ögon och huvud. Även andra faktorer, som muntlig kommunikation, fås med i undersökningen. Analys av bandet efteråt kan dock bli mycket tidskrävande, samtidigt som det kräver kunskap hos dem som ska utföra analysen. (Alfredsson et al. 2004)

### 2.5.5 Gaze tracker

Gaze tracker, som visas i figur 2.7, kombinerar ögonrörelser och huvudrörelser. Ögonrörelserna mäts med IR-ljus, med hjälp av hornhinnereflexer, och huvudrörelserna mäts med ett magnetiskt följarsystem (positionöverförare) fäst på en hjälm som bärs av försökspersonen. Detta leder till att det går att följa exakt var han eller hon tittar, inte bara ögonens rörelser. Systemet tillåter en stor variation av huvudrörelser och är därför bra då det finns önskan att studera ögonrörelser vid naturliga aktiviteter. Med den här metoden kan VOR mätas under naturliga förhållanden (Allison et al. 1996). Dock kräver metoden en lång kalibreringstid, upp emot 30 minuter, och dessutom är systemet känsligt för elektromagnetisk störning. Varken glasögon eller kontaktlinser är lämpliga för försökspersonen att bära vid användande av Gaze tracker. Det kan också vara fysiskt jobbigt att bära utrustningen under en längre tid. (Alfredsson et al. 2004)



**Figur 2.7** Gaze tracker. *Mooij Holding Gaze Tracker II* (Alfredsson et al. 2004)

## 3 Metod

För att besvara frågeställningarna genomfördes kontrollerade experimentella studier. Totalt gjordes 3 studier där varje studie var uppdelad i 2 delstudier. Varje delstudie bestod av ett experimentellt försök och en efterföljande enkät. Studie 1 gjordes för att studera utrustningens reliabilitet och validitet, studie 2 och studie 3 gjordes dels för att undersöka utrustningens validitet och dels för att utreda utrustningens potential att detektera mental arbetsbelastning. Litteratur av Heiman (2001) och Nielsen (1993) användes som inspirationskälla både till försökens design och till enkäternas utformande.

### 3.1 Försökspersoner

Försöken genomfördes på 17 försökspersoner i åldrarna 20-40 år, med en medelålder av 25 år. De rekryterades genom annonsering på universitetsområdet och genom personliga kontakter. Alla försökspersoner var frivilliga och kunde när som helst under studiernas gång välja att avbryta. För besväret fick försökspersonerna två biobiljetter var när den tredje studien var avslutad.

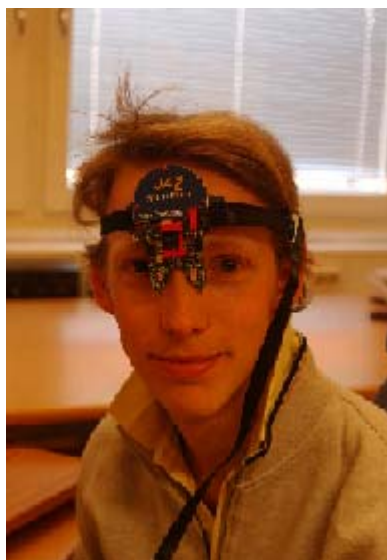
Studierna var uppbyggda som så kallade test-retest (Heiman 2001). Med detta menas att det inte fanns någon kontrollgrupp att jämföra resultat med utan varje försökspersons resultat jämfördes med sina egna övriga resultat. Samma 17 personer medverkade alltså i alla tre studier. Personer som tog någon receptbelagd medicin tilläts inte vara med då det var önskvärt att ge utrustningen och testerna de bästa möjliga förutsättningarna. Könsfördelningen var 13 st män och 4 st kvinnor och av dessa bar 6 st linser under försöken. Försökspersonerna uppmanades att inte dricka alkohol inom 24 timmar innan studien genomförs, detta för att eventuella avvikelser i ögonrörelser som är relaterade till något annat än mental arbetsbelastning skulle elimineras i så stor utsträckning som möjligt. Innan varje studie påbörjades skrev försökspersonen under ett kontrakt där han/hon gav sitt medgivande till att vara med i studien. Kontraktet återfinns i bilaga A.

### 3.2 Material

De material som användes var JAZZ™-utrustningen, en dator för datainsamling, en dator för att generera en ljusprick på skärmen, ett huvudstöd där försökspersonerna vilade hakan för att stabilisera huvudet och undvika huvudrörelser samt en datoriserad enkät som försökspersonen besvarade efter varje genomfört försök. Figur 3.1 och figur 3.2 visar laborationsplatsen och JAZZ™-utrustningen. Enkäten behandlade dels försökspersonens upplevelse av utrustningen och dels hans/hennes upplevelse av mental arbetsbelastning (endast i enkäterna efter studie 2 och studie 3). Enkäternas syfte var, förutom att få ett subjektivt mått på mental arbetsbelastning, att ge FOI feedback från försökspersonerna om huruvida utrustningen är möjlig att använda i andra studier och försök.



Figur 3.1 Laborationsplatsen



Figur 3.2 Försöksperson med JAZZ™-utrustningen

### 3.2.1 Enkäternas utformande

Enkäterna utformades efter respektive studies syfte. Det fanns en enkät till varje studie och samma enkät användes efter båda delstudierna. Försökspersonerna svarade alltså på samma enkät två gånger, detta för att se om upplevelsen förändrats då situationen inte längre var ny och främmande. Enkäten gjordes i programmet eQuestionnaire och försökspersonerna besvarade enkäten på samma dator som de suttit framför under försökets gång. Varje flervalsfråga var graderad i 7 steg efter rekommendation från S. G. Charlton (1996). Enkätarna återfinns i bilagorna B, C och D.

Enkät 1 bestod av 16 frågor som inledningsvis handlade om försökspersonens kön och ålder, om han/hon bar glasögon under försöket och om han/hon tagit någon medicin under de närmsta föregående 24 timmarna. Sedan följde ett antal frågor som behandlade försökspersonens upplevelse av JAZZ™-utrustningen. De frågorna var utformade dels efter intresse gällande utrustningens komfort och dels efter vad som framkommit i andra studier där JAZZ™-utrustningen använts (Alfredsson et al. 2004).

Enkät 2 var en utvidgning av enkät 1 och de första 16 frågorna var identiska. Detta för att se om upplevelsen av utrustningen förändrades ju fler gånger försökspersonen bar den och för att se om försökspersonen märkte av utrustningen mer eller mindre då ett yttre stimuli adderades till uppgiften. Efter de inledande 16 frågorna följde 8 frågor som behandlade försökspersonens upplevelse av mental arbetsbelastning, som var i fokus i studie 2. Försökspersonerna fick även bedöma sin egen prestation.

Enkät 3 inledde med samma 16 frågor som de övriga enkätterna, sedan följde 6 frågor som behandlade mental arbetsbelastning på liknande sätt som enkät 2 och efter det följde 4 frågor som gjorde en jämförelse mellan studie 2 och studie 3.

I fortsättningen kommer enkätfrågorna och svaren att hänvisas med de nummer som användes i koden till eQuestionnaire, vilka inte stämmer med enkätnumren i bilagorna B, C och D.

### 3.2.2 JAZZ™

JAZZ™ är en produkt från Ober Consulting, Polen. Det är en blickregistreringsutrustning som mäter ögonrörelser i horisontal- och vertikalled och är specialiserad på att mäta sackader.



Förutom sackader kan utrustningen också mäta horisontala och vertikala huvudrörelser, hemoglobin och syresättning, tid, omgivande ljus och spela in ljud. JAZZ™ använder sig av IR-ljusteknik och ögonrörelser mäts med hjälp av hornhinnereflexer. Utrustningen mäter inte EPOG (eye point of gaze), som många andra blickregistreringsutrustningar gör, utan mäter istället sackader. Enligt tillverkaren är designfilosofin att JAZZ™ ska kontrollera den visuella uppmärksamhetsprocessen som reflekterar operatörens medvetandeuppmärksamhet (Ober Consulting 2001).

JAZZ™ är ett relativt litet och användarvänligt instrument. Det har låg vikt, är lätt att använda, inkräktar inte på operatören och ska vara självkalibrerande. Samplingshastigheten är mycket hög jämfört med andra utrustningar. Varken hjälm eller goggles, som annars är vanliga delar hos blickregistreringsutrustningar, används utan JAZZ™ placeras direkt på näsryggen (figur 3.3). Vanliga glasögon utgör inte något problem utan kan användas utanpå instrumentet. (Ober Consulting 2001)

**Fakta JAZZ™ (ögonrörelser)**

Vikt: 35 g

Samplingshastighet: 1000 Hz

Upplösning: 12 bitar

Räckvidd x-led:  $\pm 45^\circ$

Räckvidd y-led:  $\pm 25^\circ$

Går på 2 st AA 1,5 V batterier



**Figur 3.3** JAZZ™-utrustningen

JAZZ™-utrustningen består av en kiselplatta med ett flertal sensorer som sätts mot pannan. Denna är sammankopplad med ytterligare en platta som är formad efter näsryggen där bl.a. IR-sändare och mottagare finns. Ett gummiband håller utrustningen fast på huvudet. En kontrollenhet som innehåller batterier och elektronik samt en påsättnings- och avstängnings-spak är kopplad till utrustningen. Vid start av JAZZ™ lyser en röd och en grön diod på dosan. Programmet är redo att köras då den röda dioden slocknat, något som tar ett par sekunder. JAZZ™-utrustningen måste vara kopplad till en dator under datainsamlandet eftersom själva instrumentet saknar lagringsutrymme. Programvaran som finns till utrustningen, JazzManager™ (versionsnummer okänt), används därefter för att bearbeta rådata och sackader kan plockas fram och analyseras.

Eftersom ögonrörelser mäts med IR-ljus är mätresultaten känsliga för aggressiv infraröd omgivning.

I försök som tidigare har gjorts med JAZZ™ (Alfredsson et al. 2004) har det i ett fåtal fall uppkommit bieffekter hos försökspersoner så som yrsel och störande av synfält. Då har dock försöken varat i över 60 minuter. I försöken i studierna tillhörande den här rapporten ligger den totala försökstiden på 14 minuter, vilken är uppdelad på 6 observationer på 2 respektive 3 minuter.

### 3.2.3 Ljusprickprogrammet

Ljusprickprogrammet som används i studie 1 och 2, och som kalibrering i studie 3, är gjord på FOI i programmet Visual Basic. Programmet genererar en gul ljusprick, ca 1 cm i diameter, på en svart skärm. Ljuspricken hoppar fram och tillbaka i horisontalled på skärmen under 2 minuter. Den uppehåller sig på samma plats på skärmen under 2,5 till 3,5 sekunder innan den intar nästa position. En fullständig tabell på ljuspricksprogrammet finns i bilaga E.

## 3.3 Tillvägagångssätt

Samtliga studier genomfördes i ett avskilt rum där endast försökspersonen och försöksledaren befann sig. Innan varje studie fick försökspersonen läsa igenom instruktioner, vilka återfinns i bilaga F, G och H. Han/hon fick också tillfälle att ställa frågor. Inför varje delstudie hade försöksledaren en genomgång med försökspersonen där syftet med studien förklarades. Även frågor angående försökspersonens allmänna hälsotillstånd, om han/hon var förkyld, hade sovit dåligt, etc. togs upp. Försökspersonen fick också redogöra om han/hon druckit alkohol dagen innan och om han/hon bar linser vid tillfället. Linser var inget problem att bära under försöken, men frågan ställdes ändå då det skulle kunna finnas en tendens att personer med linser blev mer trötta i ögonen under försöket än andra. Försökspersonen fick själv ta på sig utrustningen och försöksledaren justerade därefter så att detektorn som registrerar reflexen i hornhinnan satt över pupillen. Utrustningen nollställdes därefter genom att försökspersonen fick titta rakt fram i ett par sekunder. Innan och under försöket förde försöksledaren in anteckningar i en loggbok om bl.a. vad försökspersonen svarade på de inledande frågorna och hur signalen såg ut på dataskärmen. Efter genomfört försök svarade försökspersonen på en enkät angående bl.a. JAZZ™-utrustningen. Om försökspersonen svarat 2 eller högre (1 = kände ingen effekt alls, 7 = kände stor effekt) på någon av frågorna 15 (om försökspersonen upplevde illamående under försöket), 16 (om försökspersonen upplevde yrsel under försöket) eller 17 (om försökspersonen upplevde huvudvärk under försöket) följdes detta upp med ett telefonsamtal ca 2 timmar senare för att klargöra hur lång tid efter försökets slut som dessa upplevelser kvarstannade. Varje studie genomfördes i två omgångar med upprepade mätning med förutbestämt mellanrum. I studie 1 och studie 2 gick det minst ett par timmar mellan varje delstudie, i studie 3 var det endast en paus på ca 20 minuter. Adaptering ansågs inte som ett problem eftersom varje försöksomgång pågick under relativt kort tid.

### 3.3.1 Studie 1

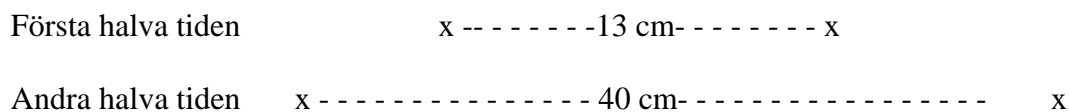
Syftet med studie 1 var att utreda om JAZZ™ är reliabel vid studier av sackader i horisontalled. För att utrustningen ska vara reliabel bör det inte finnas någon statistisk signifikant skillnad mellan de två olika delstudierna eftersom utrustningen bör uppvisa samma värde även om den tagits av försökspersonen och en viss tid har förflutit. Vidare ska det finnas en signifikant skillnad mellan små och stora sackader så att utrustningen kan skilja på mindre och större sackadamlituder. Slutligen bör det inte finnas någon signifikant skillnad mellan negativa och positiva sackader eftersom sackadamlituderna bör vara lika stora åt både höger och vänster.

Försökspersonen satt placerad 50 cm från en datorskärm med huvudet vilandes i huvudstödet och med JAZZ™-utrustningen enligt figur 3.4. Han/hon följde en ljusprick med ögonen som lyste i mellan 2,5 och 3,5 sekunder på ena sidan av datorskärmen för att sedan släckas och dyka upp på andra sidan skärmens mittpunkt och lysa där i 2,5 till 3,5 sekunder. Meningen var att försökspersonen endast skulle röra ögonen i horisontalled. Ljuspricken fortsatte sedan i detta alternerande mönster (lysa på ena sidan, slockna, lysa på den andra sidan).



**Figur 3.4** Försöksperson genomför försök i Studie 1

Innan försöket startade fick försökspersonen en demonstration av ljusprickprogrammet så att han/hon visste hur det skulle se ut. Synvinkeln var från  $-7,4^\circ$  (vänster) till  $+7,4^\circ$  (höger) med  $0^\circ$  på mitten av skärmen. Detta pågick under 2 minuter. Efter halva tiden (1 minut) mer än fördubblade ljuspricken sin "omlopps bana" (se figur 3.5). Synvinkeln blev då  $-21,8^\circ$  till  $+21,8^\circ$ .



**Figur 3.5** Ljusprickens bana

Under försöket samlades data in med den programvara som tillhör utrustningen. Försökspersonen gjorde denna delstudie två gånger med minst ett par timmars mellanrum. Efter avslutat försök fick han/hon svara på en enkät rörande upplevelsen av utrustningen.

### 3.3.2 Studie 2

Studie 2 ägde rum ca en vecka efter studie 1 och genomfördes på precis samma sätt, förutom att försökspersonen nu under pågående försök fick lyssna på och ta ställning till en rad påståenden. Detta för att se hur mental arbetsbelastning påverkar ögonrörelser i horisontalld. Påståendena krävde logiskt tänkande och var utformade i stil med "A följer B – BA" (sant) (Baddeley 1996). Försökspersonen ombads ta ställning till om påståendet (se bilaga I) var sant eller falskt genom att hålla upp olika pappersskyltar, grön för "sant" och röd för "falskt", se figur 3.6. Försöksledaren läste påståendena slumpvis utan någon inbördes ordning och antecknade svaren. Försökspersonen fick upplysning om att han/hon kunde tänka så länge som kändes nödvändigt, det fanns ingen tidspress. Om försökspersonen hann svara på alla påståenden innan tiden var slut upprepades vissa påståenden. Innan försöket fick försökspersonen ett exempel på påstående så att inga missförstånd skulle uppstå. Pappersskyltar användes för att försökspersonen inte skulle prata och därmed röra huvudet i onödan.



**Figur 3.6** Försöksperson genomför försök i studie 2

Även denna studie upprepades två gånger med minst ett par timmars mellanrum och avslutades med en enkät som nu även behandlade upplevelsen av stress och mental arbetsbelastning.

### **3.3.3 Studie 3**

Studie 3 gjordes ca en vecka efter studie 2. Försöket gick nu inte ut på att följa någon ljusprick utan mental arbetsbelastning var i centrum. Försökspersonen bar utrustningen samtidigt som han/hon gjorde ett arbetsprov på dator, MATB (Multi Attribute Task Battery), som framkallade den önskade mentala arbetsbelastningen i två steg (bilaga J). Före varje försök startades gjordes en kalibrering med ljusprickprogrammet som nu endast bestod av prickarna med det längre avståndet, d.v.s.  $\pm 21,8^\circ$ . Programmet varade i 20 sekunder, detta för att försöksledaren skulle kunna hitta en lämplig sackadamplitud för kalibrering. Försökspersonen fick först träna på arbetsprovet utan utrustning under 2 minuter innan första försöket kom igång. Första försöket pågick i 3 minuter i ett lugnt tempo och utan större påfrestning. Efter ca 20 minuters vila genomfördes andra omgången som även den pågick i 3 minuter, nu utan någon träningsomgång. Tempot ökade och målet var att den mentala arbetsbelastningen skulle vara hög och försökspersonen skulle känna sig stressad. Varje försökspersons MATB-resultat sparades i en textfil. Återigen samlades data från JAZZ™-utrustningen in och varje försök följdes av en enkät som liknade den enkät som gjordes i studie 2, men även med frågor rörande en jämförelse mellan studie 2 och studie 3.

### **3.3.4 Efterarbete studie 1**

Efter varje försök bearbetades JAZZ™-filen i Saccade Center i JazzManager™ där filen sparades som ascii-kod i en textfil. I filen fanns nummer på sackaden, när insamlandet startade och slutade, duration av sackaden i millisekunder, duration av fixationen i millisekunder, sackadens amplitud (okänd enhet, se kapitel 5.2), max- och medelhastighet på sackaden (okänd enhet, beror på amplituden) samt dess lutning (se bilaga K för ett exempel). De första 8 sekunderna och de sista 11 sekunderna (motsvarande 3 förflyttningar av pricken i början och 4 förflyttningar i slutet) klipptes bort för att få bort eventuella störningar i början och slutet. Det återstod då totalt 1 minut och 40 sekunder som behandlades, det bortklippta datat kasserades. Eftersom sackadamplituderna, som var det intressanta i all data, hade en okänd enhet som dessutom varierade mellan försökspersonerna och försökstillfällena krävdes att amplituderna räknades om till grader så att de skulle kunna jämföras med varandra. Till att

börja med sorterades amplituderna efter storlek i stigande ordning. Därefter togs det största negativa (då ögonrörelsen skedde åt vänster) respektive positiva (då ögonrörelsen skedde åt höger) värdena bort. De nästkommande fem minsta respektive största värdenas medelvärden räknades ut. Dessa absolutbelopps medelvärden beräknades och utifrån det värdet hittades den sackad vars absolutvärde låg närmast det uträknade. Den sackaden fungerade sedan som en referenssackad som, genom en funktion i JazzManager™, kalibrerades till 44°, vilket är blickvinkeln mellan de två yttersta ljusprickarna. Det gick endast att kalibrera efter hela gradtal, därför kunde inte det exakta värdet, 43,6°, användas utan en avrundning uppåt krävdes. Originaldatat (som var 2 minuter) kalibrerades om till grader med hjälp av referenssackaden, sparades på samma sätt som tidigare i en textfil och bearbetades om till att passa i en excelfil. Även nu klipptes 8 respektive 11 sekunder bort i början och slutet.

De kalibrerade sackadamplituderna delades upp i de små amplituderna (den första minuten) och de stora amplituderna (resterande tid), därefter sorterades de åter i storleksordning. På vardera små och stora amplituder togs extremvärdena bort, exempel på en försökspersons data återfinns i tabell 3.1, och de fem nästkommande värdena kopierades in i en ny excelfil, uppdelat i små och stora amplituder, positiva och negativa samt de två olika studierna.

Studie 1.1		Studie 1.2	
amplitude [deg] små1	amplitude [deg] stora1	amplitude [deg] små2	amplitude [deg] stora2
-20,359	-44,6118	-18,89942	-44,9916
-19,74716	-44,0278	-18,72182	-44
-19,58028	-44	-18,66264	-43,8224
-19,49684	-43,6384	-18,61824	-43,1564
-19,02402	-43,5828	-18,55904	-43,0972
-18,94058	-43,3324	-18,35184	-42,7272
-18,57902	-42,8318	-18,29264	-41,78
-18,49558	-42,4424	-18,17424	-41,0548
-18,46776	32,9026	-17,56744	-8,24352
18,57902	43,6662	-17,30104	32,2194
18,7737	43,7218	10,0491	42,224
18,9962	43,8054	17,34544	44,3552
19,55246	44,445	18,20384	44,37
19,88622	44,5006	18,32224	44,4736
19,94184	44,9178	18,70702	44,6512
20,2478	45,1404	19,01782	44,9176
21,249	45,3628	19,81702	45,3912
		19,92062	46,6196
		20,7198	
		21,3118	

**Tabell 3.1** Bearbetning av kalibrerat data. De markerade värdena togs bort och de nästkommande fem i storleksordning (de fetstilta) togs med i det statistiska underlaget.

En försökspersons data gick inte att läsa in i JazzManager™ och därmed togs inte den försökspersonen med i de statistiska resultaten. Den nya excelfilen med 5\*4\*2 värden gånger 16 försökspersoner bearbetades i Statistica med ANOVA med Upprepad Mätning.

### 3.3.5 Efterarbete studie 2

Efterarbete i studie 2 var identiskt som det i studie 1 fram till att datat blev kalibrerat till grader och lika lång tid togs bort i början och i slutet (8 resp 11 sek). Sedan ställdes ett par parametrar i Saccade Center i JazzManager™ om så att små sackader under 1° skulle kunna detekteras ur rådatat. Det var under *Detection parameters* som parametrarna *Point difference*

for speed höjdes från 5 till 10, *Minimal fixation time* sänktes från 30 till 1 och *Minimal duration* sänktes från 20 till 1. Point difference for speed fungerar ungefär som ett filter, ju högre värde desto mer jämn blir hastighetssignalen och därmed fås en starkare filtrering och mindre sackader och artefakter tas bort (Dylak. 2005). För en mer utförlig beskrivning se bilaga L. *Minimal fixation time* är den undre gränsen i millisekunder för vad som räknas som en fixation. *Minimal duration* är den undre gränsen i millisekunder för hur lång en sackad kan vara för att räknas som en sackad.

Även data från studie 1 räknades om med dessa nya parametrar och sedan gjordes histogram i Matlab över 16 st försökspersoners data. Dessa återfinns i kapitel 4.2. Anledningen till att inte alla försökspersoners data användes var att det saknades data från en försökspersons första studie så de övriga datat från den personen togs bort även i de andra studierna. Det gjordes också histogram över en enskild försökspersons olika delstudier för att se eventuell skillnad mellan studierna på individuell nivå. Dessa histogram finns i bilaga M.

Det nya och mer omfattande datat sorterades i storleksordning och omvandlades till absolutvärden då det inte skulle spela någon roll om sackaden gick åt höger eller vänster, utan bara storleken var av betydelse. Därefter kontrollerades hur stor den minsta sackaden hos varje försöksperson var i de fyra olika delstudierna. Det skiljde sig en del vilket berodde på att utrustningen inte hade placerats identiskt på näsryggen för varje försöksperson. Det var önskvärt att jämföra antal små sackader (under  $3^\circ$ , inom området för en fixationspunkt) mellan de olika studierna men eftersom den minsta hos varje försöksperson skiljdes åt relativt mycket plockades alla under  $1,8^\circ$  bort och därefter räknades antal sackader mellan  $1,8^\circ$  och  $3^\circ$ . Ännu en försöksperson togs bort ur datat då dess minsta sackad låg över  $2^\circ$  och därmed hade alltför få små sackader och inte hade något relevant att bidra med.

Excelbladet med antal små sackader för varje försöksperson per delstudie behandlades på samma sätt som resultaten i studie 1, i Statistica med ANOVA med Upprepad Mätning.

### **3.3.6 Efterarbete studie 3**

Det insamlade datat från studie 3 bestod förutom det som samlats in under försöken även av kalibreringsdata som gjorts innan själva försöket kom igång. Utifrån kalibreringsdatat togs en lämplig referenssackad fram. Först plockades den första och den sista sackaden bort, därefter sorterades resterande sackader i storleksordning. Det fanns då kvar fyra positiva och fem negativa sackader som kunde identifieras som sackader som passade in på ljusprickprogrammet som använts vid kalibreringen. De fyra största negativa respektive positiva värdenas medelvärden räknades ut och därefter hittades den sackad som var närmast det medelvärde. På denna sackad utfördes kalibrering till  $44^\circ$  i JazzManager™. Se tabell 3.2 för ett exempel.

### Studie 3

amplitude 3.1	amplitude 3.2			
-3011	-2923			
-2934	-2853			
-2910	-2791			
-2909	-2780			
-2854	-2779			
-192	-93			
-183	141			
113	154			
121	162			
137	190			
<b>2899</b>	<b>2763</b>		Studie 3.1	Studie 3.2
<b>2949</b>	<b>2782</b>	Medel	2956.5	2831
<b>2990</b>	<b>2830</b>		<b>2949</b>	<b>2830</b>
<b>3050</b>	<b>2923</b>		<b>0.01492</b>	<b>0.01554</b>
				<b>Kalibreringsfaktor</b>

**Tabell 3.2** De fetstilta värdena användes för att beräkna medelvärde. De markerade sackaderna användes till referenssackader, en för varje delstudie. Kalibreringsfaktor fås från JazzManager™ och används sedan på det ”riktiga” datat.

JazzManager™ räknar utifrån den kalibrerade referenssackaden fram en kalibreringsfaktor som sedan kan multipliceras med det ”riktiga” datat (det som samlats in under försöket) och på så sätt få allt omräknat till grader. Innan detta gjordes ställdes parametrarna i *Detections parameters* om på samma sätt som i studie 2 (*Point difference for speed: 5→10, Minimal fixation time: 30→1, Minimal duration: 20→1*) så att även de minsta sackaderna detekterades, sedan omräknades allt till grader. 30 sekunder plockades bort i början på varje delstudie, eftersom det under försökens gång hade uppmärksammats att det tog en ganska lång stund för försökspersonerna att komma in i uppgiften. För att få lika lång tidsperiod som studie 1 och studie 2, så att de skulle kunna jämföras, plockades 50 sekunder bort även i slutet så att det återstod 1 minut och 40 sekunder. De återstående sackaderna sorterades i storleksordning, omvandlades till absolutvärden och sedan räknades, på samma sätt som i studie 2, antal sackader mellan 1,8° och 3°. Ytterligare två försökspersoner plockades bort ur datat eftersom deras minsta sackad var för stor (över 2°). Antal små sackader från 13 försökspersoner i varje studie behandlades sedan i Statistica med ANOVA med Upprepad Mätning.

Histogram gjordes i Matlab över sackaderna (se kapitel 4.3), innan de små plockats ut, uppdelat på negativa och positiva (vänster resp. höger) för att se om det gick att sluta sig till hur försökspersonerna tittat på skärmen, om de hade varit mer uppmärksamma på en av de tre uppgifterna än någon annan. Alla försökspersoners resultat var med i histogrammen.





## 4 Resultat

Resultatkapitlet är indelat i tre delar, en för varje studie. Först presenteras resultat från vardera studies datainsamling och tillhörande analys, sedan resultat från respektive enkät. Samtliga statistiska resultat kommer från ANOVA med Upprepad Mätning (Repeated Measures Analysis of Variance) i Statistica (signifikansnivå 0,05).

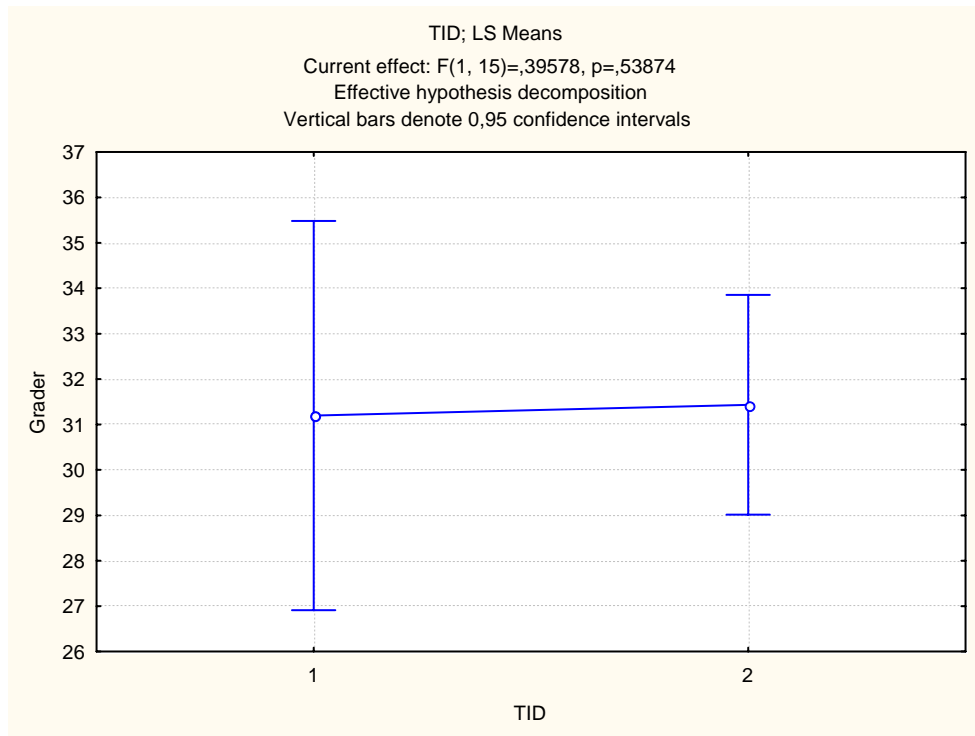
### 4.1 Resultat Studie 1

Studie 1 avsåg att undersöka JAZZ™-utrustningens reliabilitet och validitet. Försökspersonerna fick, med utrustningen på sig, följa en ljusprick på en dataskärm med blicken då den förflyttades i horisontalled. Den resulterande JAZZ™-filen från en försöksperson, som återfinns i bilaga N, visar hur sackaderna fördelats över tiden (kolumn 4 och 5 visar start- och sluttid i sekunder för sackaden och kolumn 8 visar sackadamplituden). Det går att koppla de flesta sackaderna tidsmässigt till motsvarande förflyttning av ljuspricken då sådana data för ljusprickprogrammet finns tillgängligt. De sackader som finns mellan dessa identifierade är naturliga flackningar med blicken.

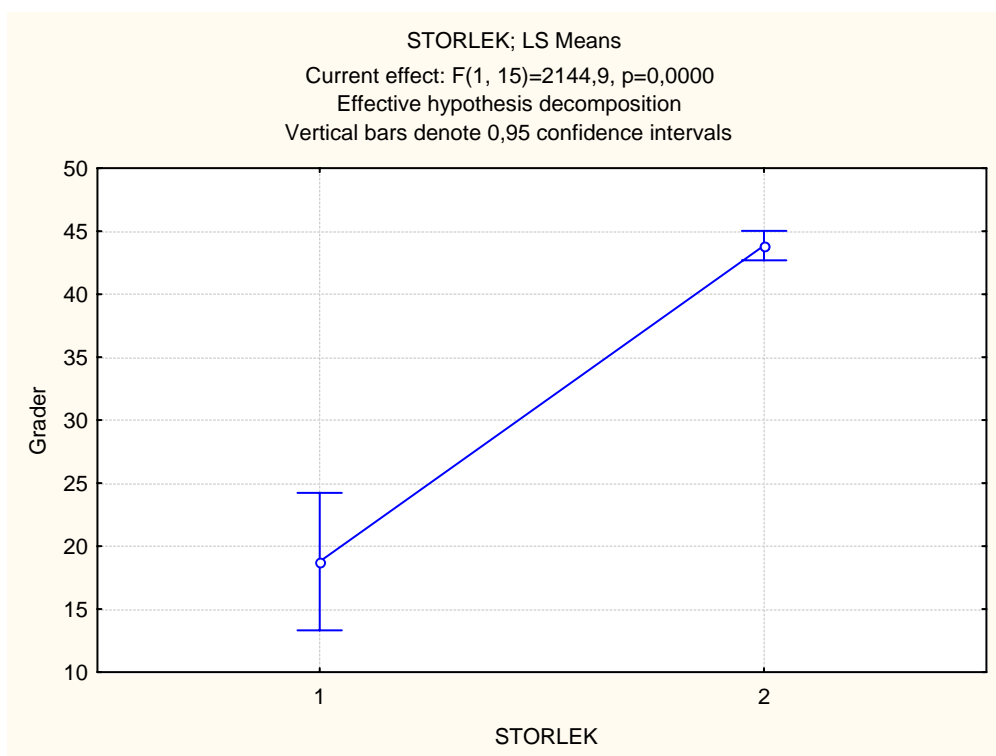
#### 4.1.1 Statistiska resultat Studie 1

I studie 1 granskades tre variabler: TID är de två olika delstudierna (variabeln dem emellan är tid), STORLEK är små (ca 15°) och stora (ca 44°) sackadamplituder och NEGPOS är negativa (ögonrörelse åt vänster) och positiva (ögonrörelse åt höger) sackadamplituder. Det statistiska underlaget, det som beräkningarna bygger på, var i studie 1 amplituder i grader hos sackaderna.

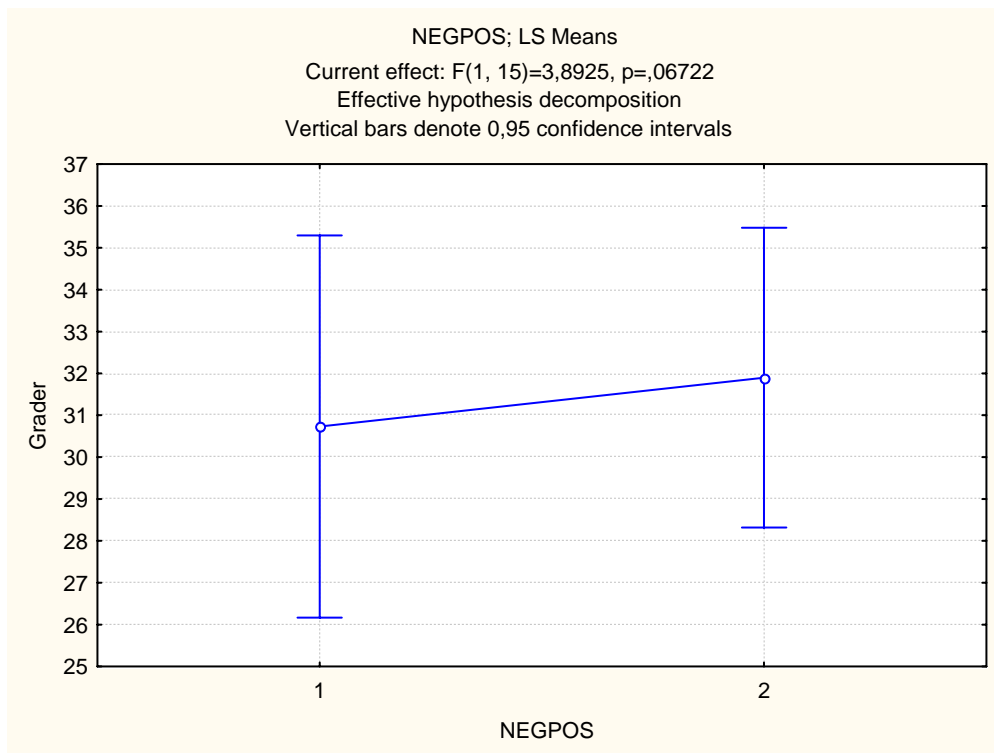
Resultaten visar att det inte finns någon signifikant skillnad i variabeln TID ( $p > 0,539$ ) vilket innebär att det inte finns någon skillnad mellan de två olika delstudierna och att utrustningen ger liknande resultat på en försöksperson även om det gått ett par timmar mellan försöken. Däremot finns en signifikant skillnad i variabeln STORLEK ( $p = 0,000$ ), vilket innebär att JAZZ™ -utrustningen detekterar en skillnad mellan små och stora sackader. Det fanns inte heller någon signifikant skillnad i variabeln NEGPOS ( $p > 0,067$ ), utrustningen gör ingen skillnad mellan negativa sackader och positiva sackader. Samtliga statistiska resultat återfinns i bilaga O och de tre variablernas resultat visas i diagrammen 4.1-4.3.



**Diagram 4.1** TID (1 = delstudie 1, 2 = delstudie 2) Det finns inte någon signifikant skillnad mellan de två olika delstudierna. Utrustningen ger liknande resultat på en försöksperson även om det gått ett par timmar mellan försöken.



**Diagram 4.2** STORLEK (1 = små, 2 = stora) Det finns en signifikant skillnad mellan små och stora sackader.



**Diagram 4.3** NEGPOS (1 = negativa, 2 = positiva) Det finns ingen signifikant skillnad mellan negativa sackader (ögonrörelse åt vänster) och positiva sackader (ögonrörelse åt höger).

#### 4.1.2 Resultat från enkät 1

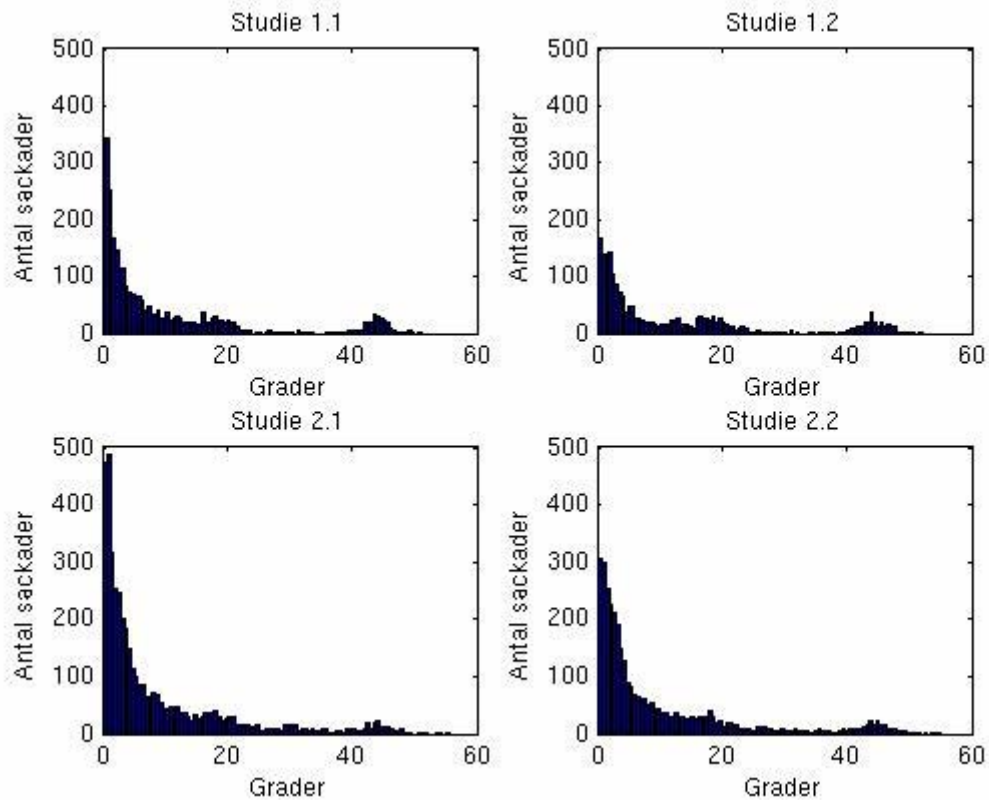
De flesta försökspersoner märkte av utrustningen under båda delstudierna, dock tycktes de flesta märka av den mer under det första försöket än under det andra (medelvärde 4,53 respektive 4,18 där 1 = märkte inte alls av den och 7 = märkte av den mycket), något som kan verka naturligt i och med en viss adaptering av utrustningen. Även synfältet påverkades hos nästan alla försökspersoner (medelvärde 3,41 resp. 3,47) medan det däremot var en mindre effekt av påverkan på fokuseringen (medelvärde 2,12 resp. 2,59).

Ett flertal av försökspersonerna uppgav att de blivit trötta och känt sig irriterade i ögonen efter försöket, något som kan verka naturligt efter att ha koncentrerat ögonen under 2 minuter. Om försökspersonen bar linser eller ej verkar inte ha spelat en avgörande roll. Endast två försökspersoner hade känt av illamående, yrsel och/eller huvudvärk. Dessa kontaktades senare för att återge hur länge efter försöket dessa upplevelser suttit i. Båda uppgav att de endast känt en mycket liten effekt och att det gått över i stort sett direkt efter försökets slut.

Ingen försöksperson tyckte att utrustningen klat märkbart under försöket. För fullständiga svar på enkäterna och tillhörande diagram se bilaga P.

## 4.2 Resultat Studie 2

I studie 2 följde försökspersonerna samma ljusprick med blicken som i studie 1 men fick nu samtidigt muntlig stimuli i form av upplästa påståenden som de skulle ta ställning till. De histogram som gjordes i Matlab (figur 4.1) visar skillnader mellan studie 1 och studie 2. I de övre histogrammen i figur 4.1 (studie 1) syns tydligt ljusprickens rörelsemönster (tydliga toppar runt  $15^\circ$  och runt  $44^\circ$ ). Dessa toppar finns även i de undre histogrammen (studie 2) men inte alls lika tydligt. Det är också fler små sackader i studie 2 än i studie 1.



**Figur 4.1** Histogram över studie 1 och studie 2. Antal sackader över 16 st försökspersoner.

Antal små sackader ( $1,8^\circ - 3^\circ$ ) som räknades fram i de två studierna för varje försöksperson (15 st) visas i tabell 4.1.

Fp	Studie 1.1	Studie 1.2	Studie 2.1	Studie 2.2
1	4	6	9	14
2	8	19	21	30
3	24	13	97	23
4	10	58	19	42
5	21	30	41	22
6	3	13	9	16
8	8	5	19	22
9	17	21	52	83
10	20	10	24	18
12	13	10	39	15
13	18	10	77	55
14	33	29	29	23
15	28	31	29	17
16	9	7	53	24
17	16	14	14	16

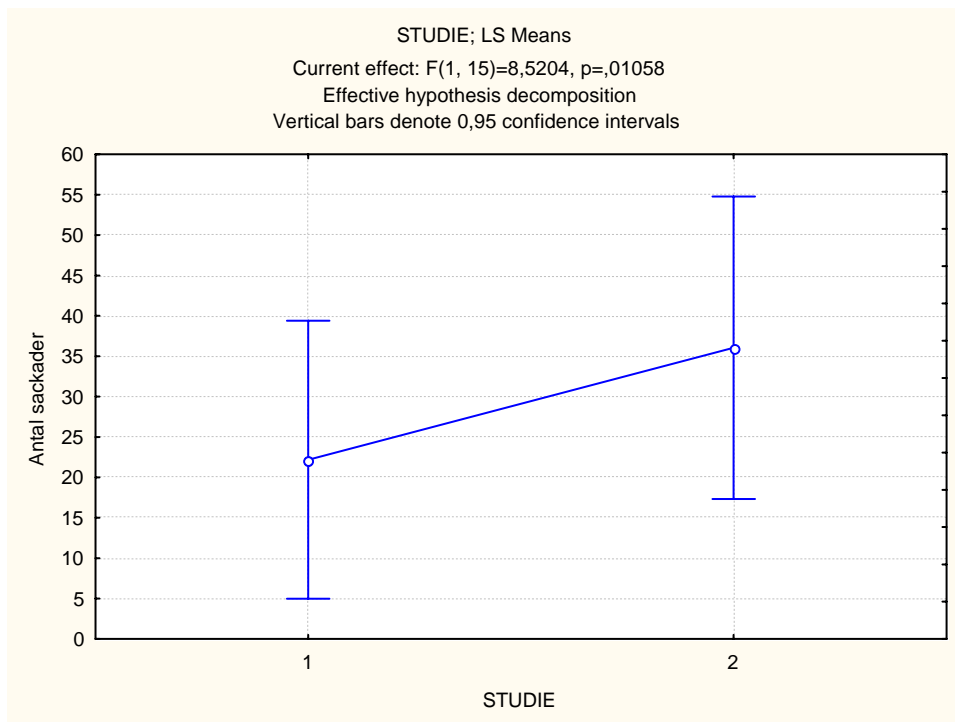
**Tabell 4.1** Antal sackader mellan  $1,8^\circ$  och  $3^\circ$  för studie 1 och studie 2

I tabell 4.1 kan det utläsas en ökning i små sackader för nästan alla försökspersoner i den andra studien jämfört med den första.

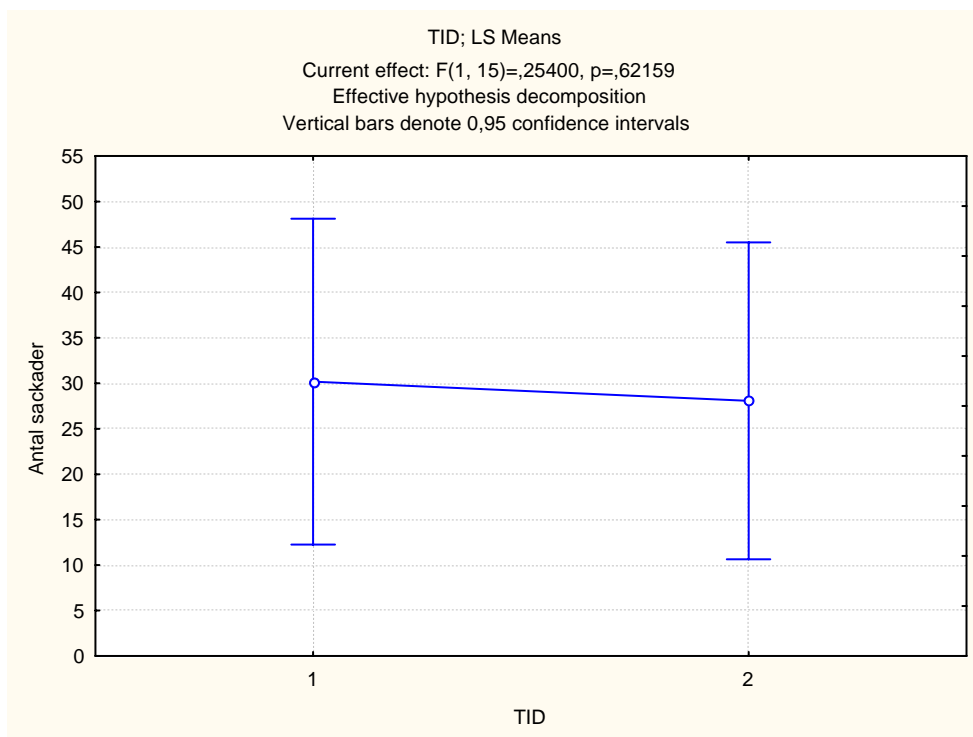
#### 4.2.1 Statistiska resultat Studie 2

Två variabler granskades i studie 2: STUDIE är studie 1 och studie 2 och TID är de inbördes delstudierna. Det statistiska underlaget, det som jämfördes mellan studie 1 och studie 2, var antal små sackader (1,8-3°).

Resultaten visar att det finns en signifikant skillnad i variabeln STUDIE ( $p < 0,011$ ) vilket innebär att studie 1 och studie 2 skiljer sig åt i fråga om antal små sackader. Det finns inte någon signifikant skillnad i variabeln TID ( $p > 0,622$ ), och det innebär att det inte finns någon skillnad mellan delstudierna inom varje studie. Statistiska resultat återfinns i bilaga Q och de två variablerna visas i diagrammen 4.4-4.5.



**Diagram 4.4** STUDIE (1 = studie 1, 2 = studie 2) Studie 1 och studie 2 skiljer sig signifikant åt



**Diagram 4.5** TID (1 = delstudie 1, 2 = delstudie 2) Det finns inte någon signifikant skillnad mellan delstudierna inom varje studie.

#### 4.2.2 Resultat från enkät 2

I de första gemensamma frågorna (nummer 10-14) var trenden att försökspersonerna upplevde dessa faktorer mindre i studie 2 än i studie 1, se tabell 4.2. Däremot tyckte försökspersonerna att utrustningen hade kliat mer i den andra studien, den skillnaden var dock liten.

I första försöket upplevde en försöksperson en lätt känsla av illamående och en annan kände av yrsel, och i andra försöket kände en försöksperson en lätt huvudvärk. Vid senare kontakt uppgav den förstnämnda att denne måste ha tryckt på fel svarsalternativ och inte alls känt av något illamående. De övriga två sa att de effekter som de känt av hade varit mycket kortvariga, precis som i studie 1.

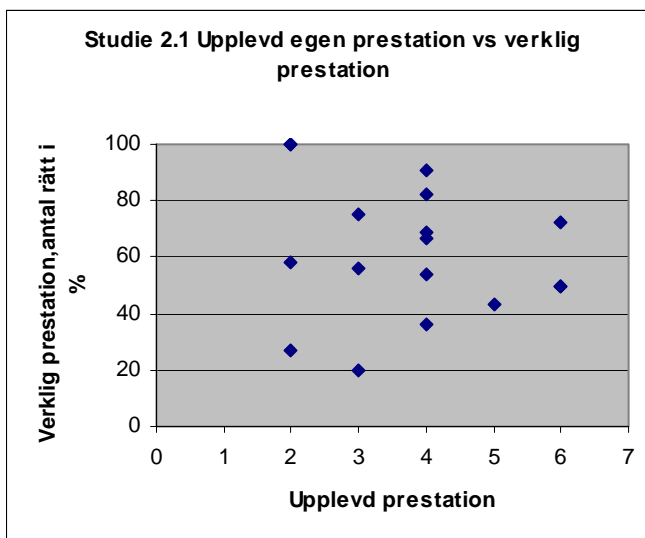
Faktorer	Studie 1.1	Studie 1.2	Studie 2.1	Studie 2.2
Märktes utrustningen	4,53	4,18	3,29	2,94
Påverkades synfältet	3,41	3,47	3,06	2,77
Påverkades fokuseringen	2,12	2,59	1,82	1,94
Trött i ögonen	2,12	2,18	1,94	1,77
Irritation i ögonen	1,82	1,59	1,29	1,29
Kliade utrustningen	1,18	1,12	1,29	1,24

**Tabell 4.2** Siffrorna är försökspersonernas medelvärden från varje delstudie på en skala 1-7. Ju högre värde desto mer upplevdes effekten.

Enligt svaren på frågorna 21-24, som behandlade huruvida försöket upplevdes som ansträngande (i helhet) och mentalt krävande (om försökspersonerna var tvungna att tänka länge innan de svarade), var första försöket ungefär lika krävande som det andra, inga adaptationer verkar alltså ha förekommit i fråga om påståendena. De flesta tyckte att försöken hade varit ansträngande (medelvärde 4,06 resp. 3,65) och mentalt krävande (medelvärde 4,88 resp. 4,47). Trots att försökspersonerna fått tid på sig att ta ställning till påståendena hade nästan alla upplevt försöken som något stressiga (medelvärde 3,88 resp. 3,59). Samtliga tyckte att det var helt eller delvis svårt att följa ljuspricken (medelvärde 4,47 resp. 4,88).

Försökspersonernas egna upplevelser över deras prestation visade sig inte stämma speciellt bra med verkligheten, se tabellerna 4.3-4.4 och diagrammen 4.6-4.7. För att stämma överens bör prickarna i diagrammen återfinnas antingen i övre vänstra hörnet, en etta motsvarar alla rätt och bör höra ihop med hög procentsats (hög andel rätta svar), eller i nedre högra, en sju motsvarar alla fel och bör höra ihop med låg procentsats (låg andel rätta svar).

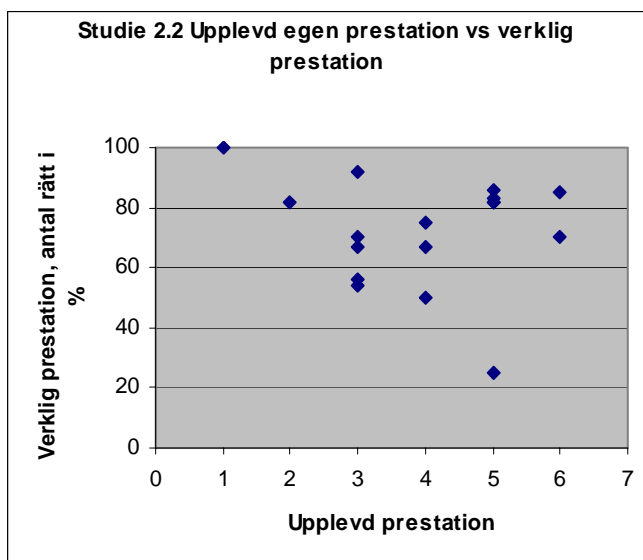
Fp	Egen upplevelse	Antal rätt i %
1	3	20
2	4	91
3	4	69
4	6	50
5	2	100
6	6	72
7	3	56
8	4	67
9	4	82
10	3	75
11	4	54
12	2	27
13	2	100
14	2	58
15	6	50
16	5	43
17	4	36



**Diagram 4.6** Upplevd egen prestation vs verklig prestation i studie 2.1. 1=mycket bra prestation, 7=mycket dålig prestation

**Tabell 4.3** Försökspersonernas egen uppskattade prestation i studie 2.1. 1=mycket bra prestation, 7=mycket dålig prestation

Fp	Egen upplevelse	Antal rätt i %
1	5	86
2	5	83
3	3	92
4	3	56
5	2	82
6	5	82
7	4	50
8	5	82
9	4	75
10	3	70
11	4	67
12	3	54
13	1	100
14	6	85
15	5	25
16	3	67
17	6	70



**Diagram 4.7** Upplevd egen prestation vs verklig prestation studie 2.2. 1=mycket bra prestation, 7=mycket dålig prestation

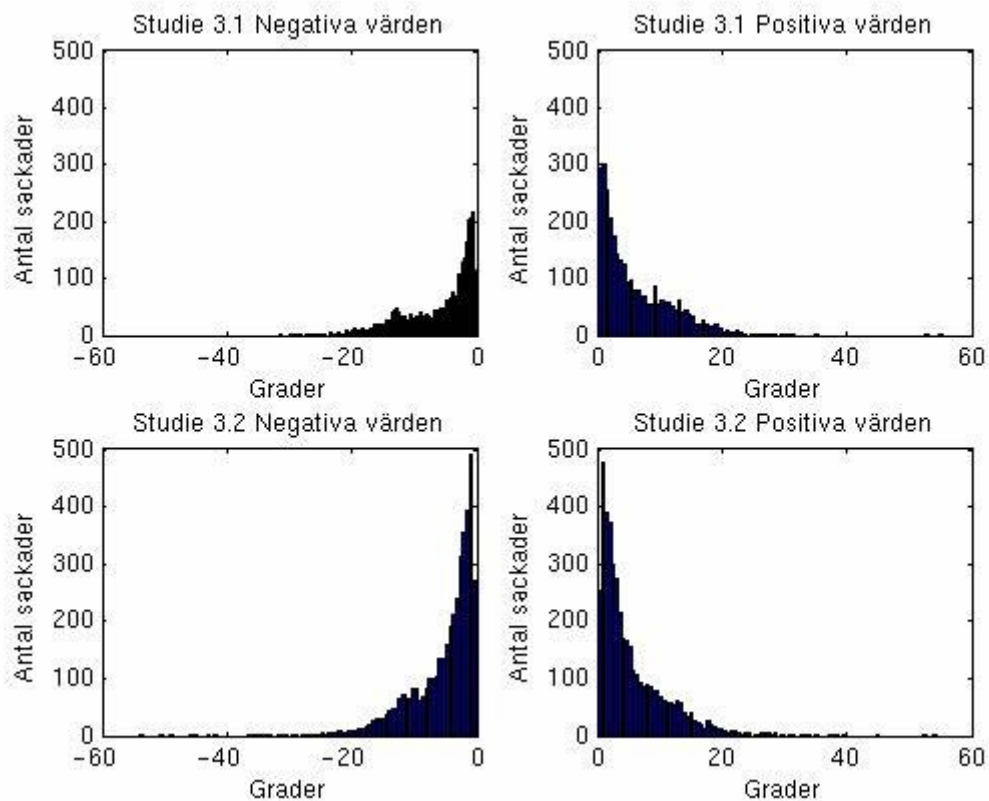
**Tabell 4.4** Försökspersonernas egen prestation i studie 2.2. 1=mycket bra prestation, 7=mycket dålig prestation

För fullständiga svar på enkäterna och fler diagram se bilaga R.



### 4.3 Resultat Studie 3

I studie 3 fick försökspersonerna göra en uppgift på dator, kallad MATB. Under den första delstudien gick allt i ett lugnt tempo, och i den andra delstudien var tempot mycket högt. På så sätt kan de båda delstudierna 3.1 och 3.2 jämföras mot varandra i fråga om mental arbetsbelastning. Histogram som gjordes i Matlab över antal sackader i studie 3.1 och 3.2 (figur 4.2) visar att det är fler sackader i studie 3.2. Det är endast sackader i horisontalled som har studerats.

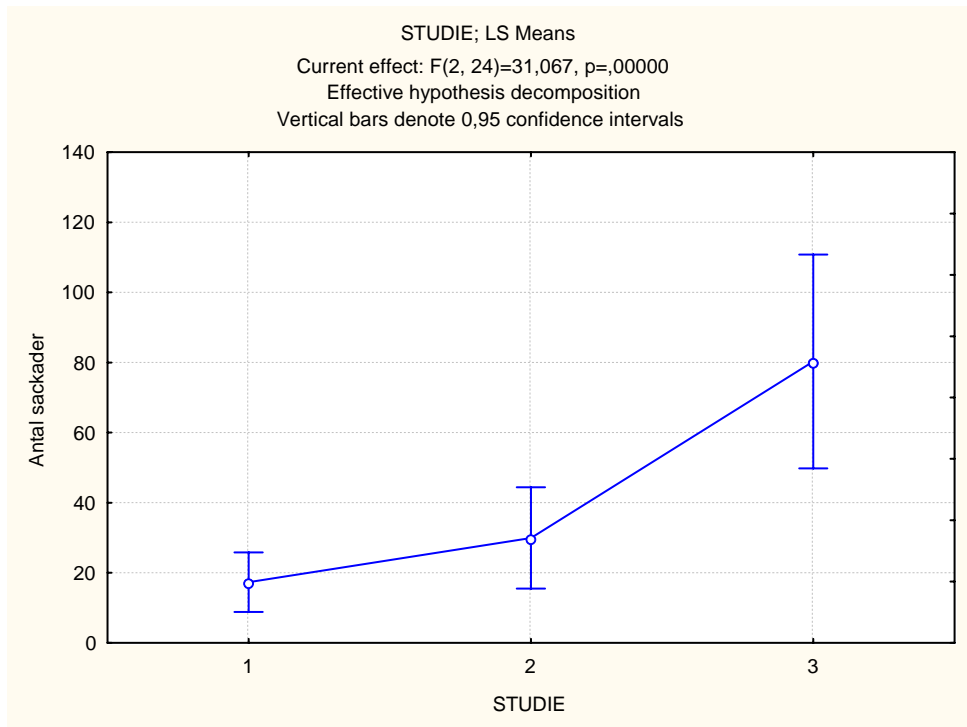


**Figur 4.2** Histogram över antal sackader i horisontalled från alla försökspersoner från studie 3.

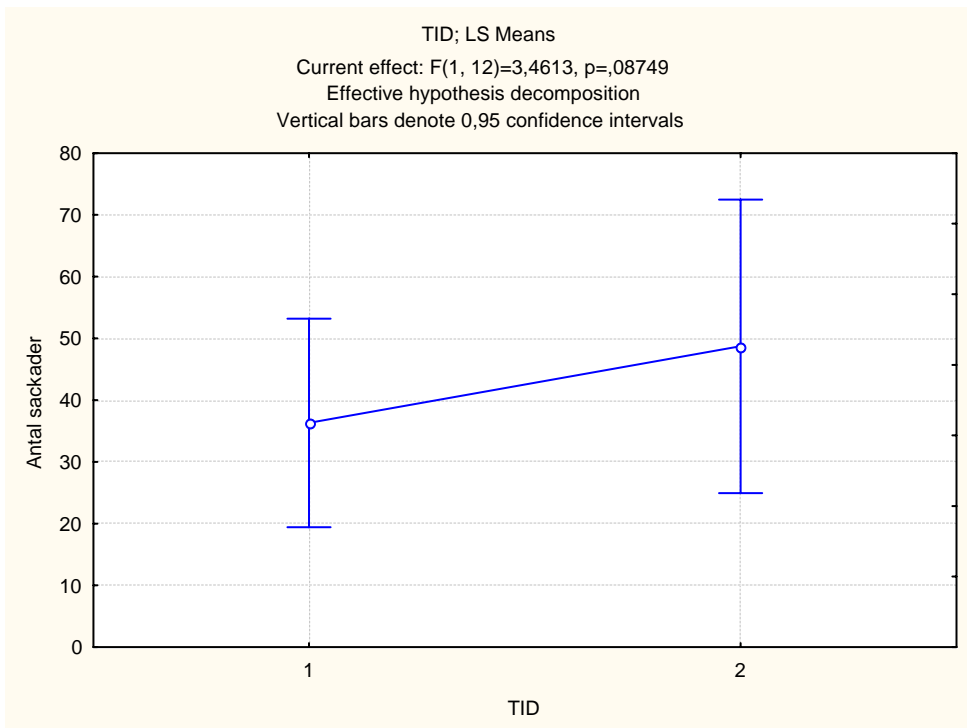
#### 4.3.1 Statistiska resultat Studie 3

I studie 3 granskades två variabler: STUDIE är studie 1, 2 och 3 och TID är de olika delstudierna (2\*3 stycken totalt). Beräkningarna baseras, liksom i studie 2, på antal små sackader (1,8-3°).

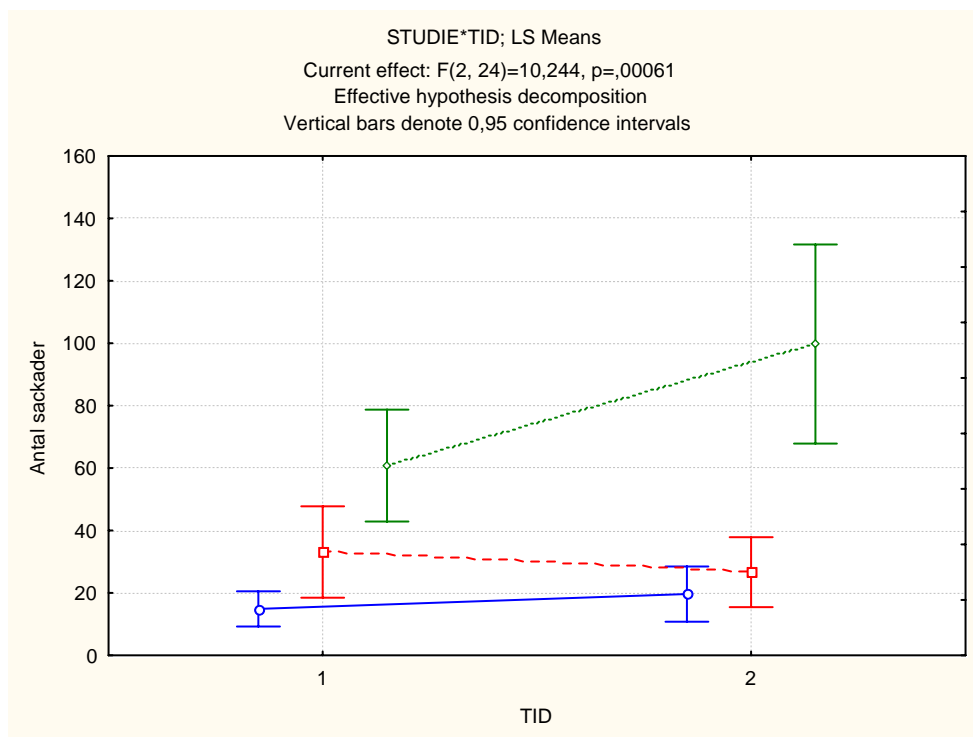
Resultaten visar att det finns en signifikant skillnad mellan de tre olika studierna ( $p=0,000$ ), det vill säga studie 1, 2 och 3 skiljer sig åt från varandra i fråga om antalet små sackader (diagram 4.8). Det finns ingen signifikant skillnad i endast variabeln TID ( $p>0,087$ ), det vill säga de inbördes delstudierna (delstudie 1 och delstudie 2) skiljer sig inte åt (diagram 4.9). Däremot finns en signifikant skillnad i korsvariabeln STUDIE\*TID ( $p<0,001$ ), alltså mellan de sex inbördes delstudierna (diagram 4.10). Den efterföljande post hoc-analysen visar att det finns en signifikant skillnad mellan studie 3 och de övriga två studierna. Dessutom skiljer sig delstudie 3.1 och 3.2 signifikant mot varandra, se tabell 4.5. Alla statistikresultat från studie 3 återfinns i bilaga S.



**Diagram 4.8** STUDIE (1 = studie 1, 2 = studie 2, 3 = studie 3) Studie 1, 2 och 3 skiljer sig signifikant åt från varandra



**Diagram 4.9** TID (1 = delstudie 1, 2 = delstudie 2) De inbördes delstudierna skiljer sig inte signifikant åt



**Diagram 4.10** STUDIE\*TID (1 = delstudie 1, 2 = delstudie 2). De sex inbördes delstudierna skiljer sig signifikant åt dem emellan. Den heldragna linjen är studie 1, den streckade linjen är studie 2 och den prickade linjen är studie 3.

STUDIE 3 Post hoc			Tukey HSD test					
	STUDIE	TID	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
1	1	1		0,986161	0,173390	0,610335	0,000157	0,000138
2	1	2	0,986161		0,470899	0,929672	0,000254	0,000138
3	2	1	0,173390	0,470899		0,948963	0,011339	0,000138
4	2	2	0,610335	0,929672	0,948963		0,001455	0,000138
5	3	1	0,000157	0,000254	0,011339	0,001455		0,000388
6	3	2	0,000138	0,000138	0,000138	0,000138	0,000388	

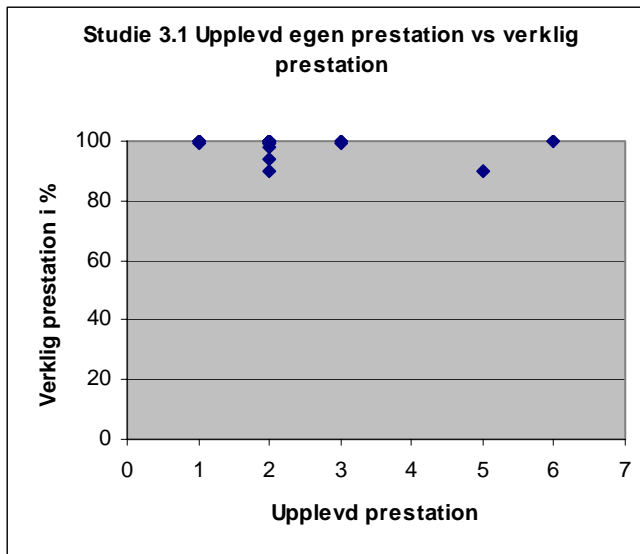
**Tabell 4.5** Post hoc-analys. De markerade fälten visar vilka värden som är signifikanta mot det tomma fältet i samma kolumn (signifikansnivå 0,05).

### 4.3.2 Resultat från enkät 3

Enkät 3 var, precis som i de båda föregående enkäterna, identisk efter första och andra försöket trots att försöken skiljde sig åt genom att tempot höjdes i andra försöket. Tanken var att försökspersonerna skulle besvara enkäten med tanke på hur det senaste försöket upplevts, alltså inte hela studien totalt sett. Samtliga resultat från enkät 3 återfinns i bilaga T.

Försökspersonernas egna upplevelser över deras prestation stämde något bättre överens i studie 3 än i studie 2, se tabellerna 4.6-4.7 och diagrammen 4.11-4.12. För att stämma överens bör prickarna återfinnas antingen i övre vänstra hörnet, en etta motsvarar alla rätt och bör höra ihop med hög procentsats (hög andel tid med korrekt utförda uppgifter), eller i nedre högra, 7 motsvarar alla fel och bör höra ihop med låg procentsats (låg andel tid med korrekt utförda uppgifter).

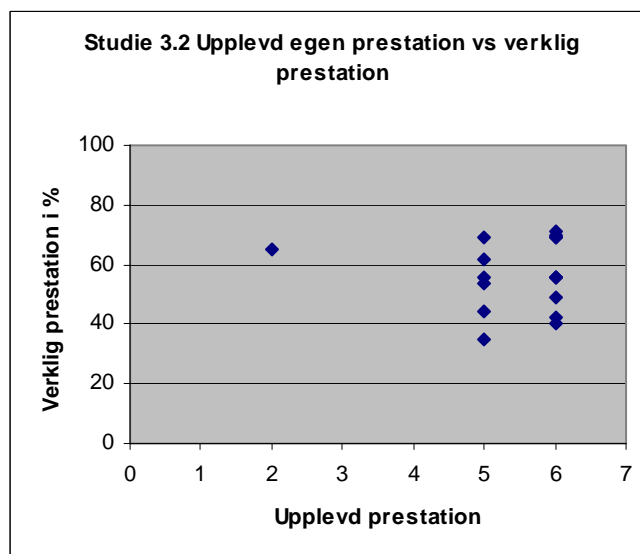
Fp	Egen upplevelse	% godkänt
1	1	100
2	3	99
3	3	100
4	2	100
5	2	100
6	2	98
7	2	99
8	1	100
9	2	99
10	2	94
11	2	90
12	2	100
13	2	100
14	6	100
15	3	saknas
16	1	99
17	5	90



**Diagram 4.11** Upplevd egen prestation vs verklig prestation i studie 3.1. 1=mycket bra prestation, 7=mycket dålig prestation

**Tabell 4.6** Försökspersonernas egen prestation i studie 3.1. 1=mycket bra prestation, 7=mycket dålig prestation

Fp	Egen upplevelse	% godkänt
1	6	71
2	6	40
3	6	56
4	2	65
5	6	70
6	6	56
7	6	69
8	5	69
9	6	69
10	5	62
11	5	35
12	5	56
13	6	56
14	6	49
15	5	44
16	5	54
17	6	42



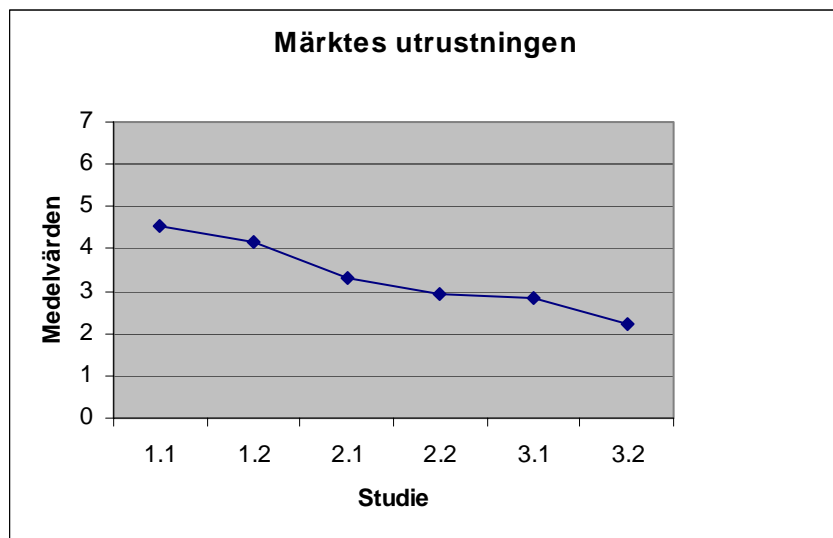
**Diagram 4.12** Upplevd egen prestation vs verklig prestation i studie 3.2. 1=mycket bra prestation, 7=mycket dålig prestation

**Tabell 4.7** Försökspersonernas egen prestation i studie 3.2. 1=mycket bra prestation, 7=mycket dålig prestation

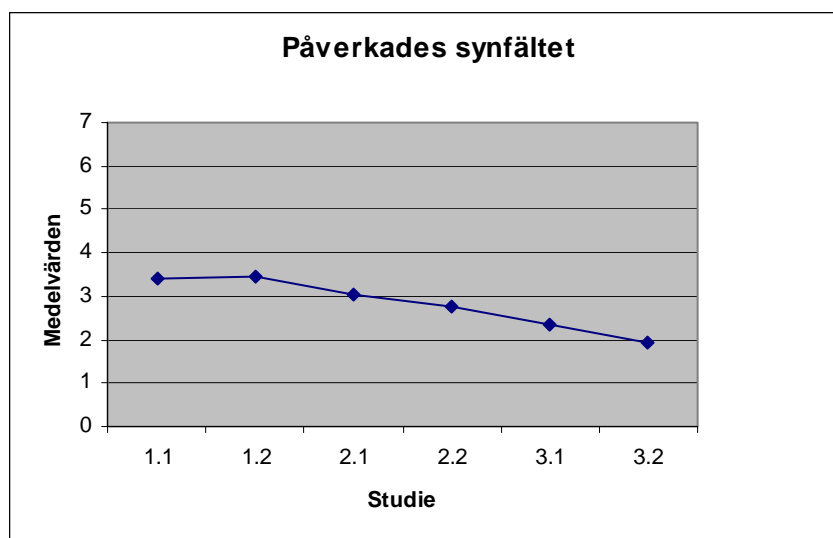
Ingen av försökspersonerna hade upplevt någon form av fysiska besvär som efterfrågades i frågorna 15, 16 och 17.

I de inledande gemensamma frågorna fortsatte den nedåtgående trenden. Försökspersonerna märkte mindre av utrustningen i studie 3 än de hade gjort i de båda andra studierna.

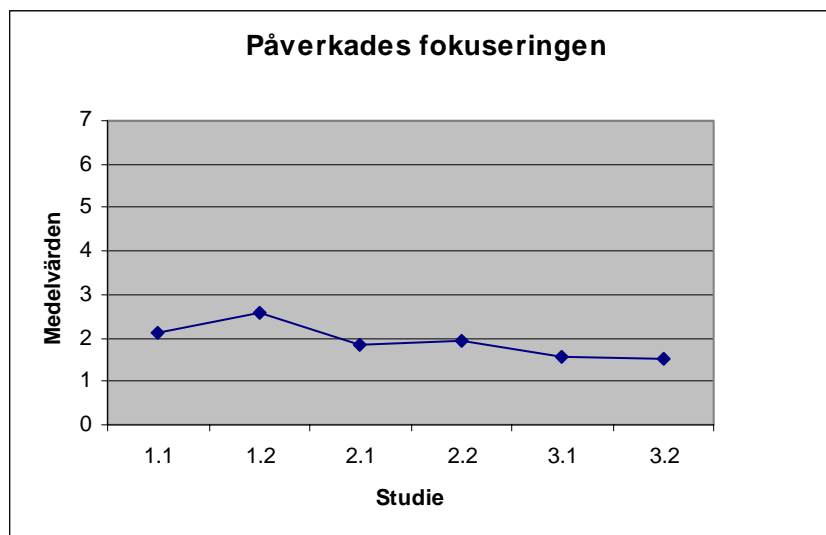
Diagrammen 4.13-4.15 visar försökspersonernas medelvärde över de tre studierna för frågorna 10, 11 och 12.



**Diagram 4.13** Medelvärden av fråga 10. Ju högre värde desto mer märktes utrustningen, där 7 är max.

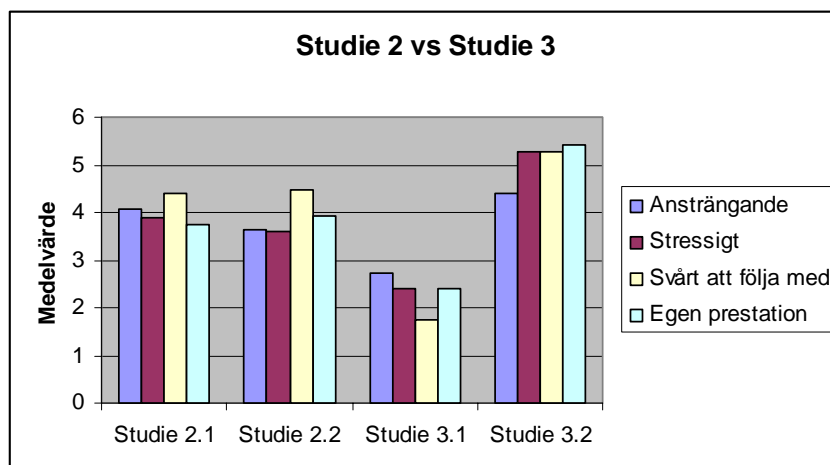


**Diagram 4.14** Medelvärden över fråga 11. Ju högre värde desto mer påverkades synfältet, där 7 är max.



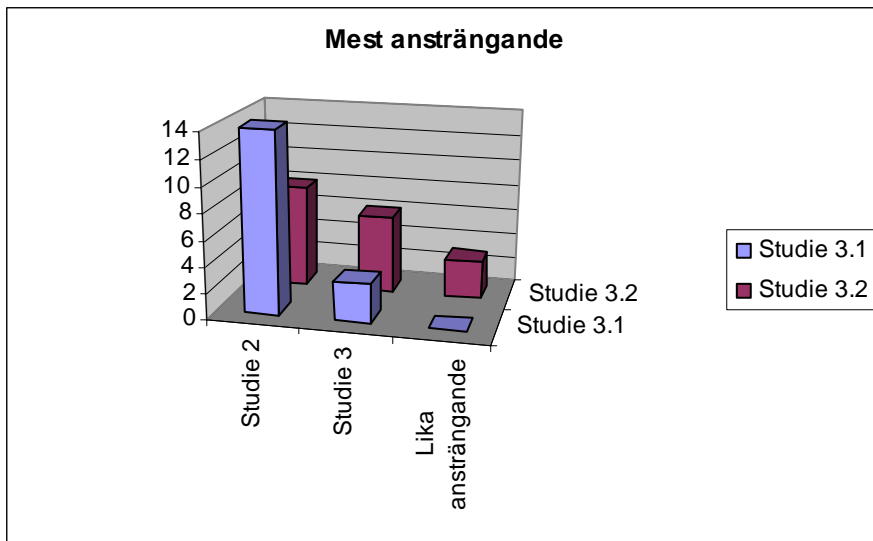
**Diagram 4.15** Medelvärden över fråga 12. Ju högre värde desto mer påverkades fokuseringen, där 7 är max.

Frågorna 21-24 som behandlade försökspersonernas upplevelse av ansträngning skiljde sig mycket åt i de båda delstudierna (diagram 4.16), vilket också var avsikten. Samtliga upplevde en betydligt högre grad av ansträngning i andra försöket än i första (medelvärde 2,71 resp. 4,41). Liknande resultat återfinns i fråga 22, om försökspersonerna hade tyckt att det var lätt att hänga med i uppgiften (medelvärde 1,76 resp. 5,29) och fråga 24, om de hade upplevt en känsla av stress (medelvärde 2,41 resp. 5,29). Däremot var det få som tyckte att försöken varit fysiskt ansträngande, både i det första och det andra försöket (medelvärde 1,24 resp. 1,82).

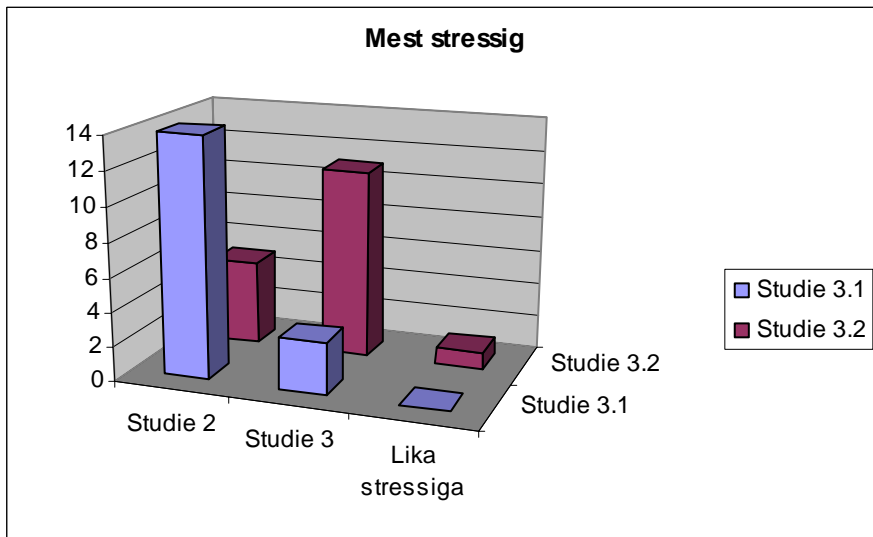


**Diagram 4.16** Jämförelse mellan studie 2 och studie 3. Ju högre värde desto mer ansträngande/stressigt/svårt var det att hänga med, och desto sämre trodde de att de hade presterat.

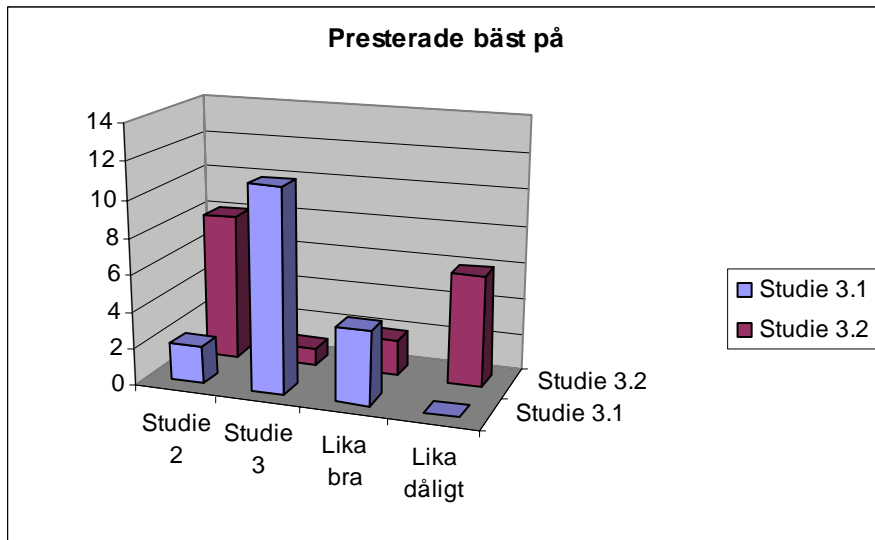
Frågorna 28-30 var en jämförelse mellan studie 2 och studie 3. Generellt så tyckte försökspersonerna efter första försöket (studie 3.1) att studie 2 var både mer ansträngande och mer stressig än studie 3, samt att de presterade bättre på studie 3. Det kan också nämnas att ingen tyckte att det gick dåligt på studie 3 ("Lika dåligt" är noll på studie 3.1, se diagram 4.19). Efter andra försöket (studie 3.2) däremot hade de flesta omvärderat sina omdömen kraftigt. Framför allt frågan om hur de själva ansåg att de presterat på studie 2 och 3 hade svängt om, endast en försöksperson tyckte att det hade gått bäst på studie 3. Diagrammen 4.17-4.19 visar resultat från frågorna 28-30.



**Diagram 4.17** Fråga 28. Antal försökspersoner som tyckte att studie 2 eller studie 3 var mest ansträngande



**Diagram 4.18** Fråga 29. Antal försökspersoner som tyckte att studie 2 eller studie 3 var mest stressig



**Diagram 4.19** Fråga 30. Antal försökspersoner som tyckte att de presterade bäst på studie 2 eller studie 3



## 5 Diskussion

I följande kapitel diskuteras dels de resultat som framkommit under försöken och dels JAZZ™-utrustningen och dess lämplighet att användas både i syfte att studera mental arbetsbelastning och i allmänhet.

### 5.1 Allmän diskussion

Efter 3 genomförda studier med två försök per studie verkar det, genom bland annat statistiska resultat, som om utrustningen är både reliabel och valid, åtminstone i fråga om horisontella sackader. Mycket efterarbete krävdes mellan datainsamlandet och den slutliga analysen, men det är hanterbart om det inte rör sig om alltför stora JAZZ™-filer. Det skulle kanske ha underlättat att använda t.ex. Matlab från början och skapa program för att plocka ut önskade sackader. Nu användes istället Excel och det mesta skedde manuellt, något som var bra eftersom det då fanns en viss översikt över all data, men mycket tidskrävande.

Med JAZZ™-utrustningen följde endast en kort produktionsbeskrivning som kändes bristfällig. Efter att ha stött på alltför många frågetecken om allt från interna enheter till olika parametrars betydelse togs kontakt med tillverkarna för att försöka få svar på dessa frågor. Det finns en nyare version av JazzManager™ (versionsnummer okänt) än den som användes i dessa studier där betydligt fler förklaringar och definitioner av diverse parametrar finns med, något som säkert skulle underlätta både datainsamling och analys av resultat.

Ett krav som ställdes på försökspersonerna var att ingen åt receptbelagd medicin regelbundet, eftersom det fanns en risk att medicinen skulle kunna påverka ögonrörelser. Det fanns dock en försöksperson som åt Tenoromin® regelbundet, men efter konsultering med läkare konstaterades att den medicinen inte har några effekter på ögonrörelser.

#### 5.1.1 Reliabilitet

JAZZ™-utrustningens reliabilitet studerades i studie 1. Det skulle avgöras om utrustningen mätte konsekvent, om det gav samma resultat vid upprepad mätning på samma försöksperson under liknande omständigheter. Det skulle också avgöras om utrustningen mätte det den var avsedd att mäta, i det här fallet sackader i horisontalled. JAZZ™-filen som finns i bilaga K visar tydligt när blicken befunnit sig i ändpunkterna vilket överensstämmer i tid med då ljuspricken befunnit sig på samma ställe. Alla försökspersoners JAZZ™-filer gick att koppla ihop med ljusprickprogrammet på liknande sätt, vilket stöder att JAZZ™ fungerar som den ska.

I tabell 3.1 redovisas en försökspersons kalibrerade data. Där kan observeras att de stora sackaderna ligger runt 44°, vilket stämmer med verkligheten, medan de små däremot borde ligga på runt 15° (det mindre avståndet i studie 1 var  $\pm 7,4^\circ$  vilket ger totalt 14,8° mellan ljusprickarna). Så är dock inte fallet, de mindre sackaderna ligger snarare på runt 18°. Detta beror på att de större sackaderna har kalibrerats manuellt, med endast ett medelvärde att gå efter. Gradkalibreringen skulle lika gärna ha kunnat göras på de små sackaderna, och då skulle inte de större se helt korrekta ut. Om ett ordentligt kalibreringsexperiment hade gjorts innan försöket påbörjades skulle sackadernas gradtal troligen stämma bättre överens med verkligheten.

De statistiska resultaten tyder även de på att utrustningen är reliabel. För reliabilitet önskades att variabeln TID, som stod för de två olika delstudierna (studie 1.1 och studie 1.2), inte skulle visa någon signifikant skillnad, vilket också var resultatet (se diagram 4.1). Det betyder att

utrustningen är konsekvent i mätningarna för varje försöksperson och att den mäter samma sak även om det gått en viss tid mellan försöken. Variabeln *STORLEK*, som stod för de små (ca 15°) respektive de stora (ca 44°) sackadamlituderna, visade en signifikant skillnad (diagram 4.2), vilket betyder att utrustningen skiljer på små och stora amplituder. Även detta resultat indikerar att *JAZZ™* är reliabel och att den mäter vad den ska mäta. Den tredje variabeln som undersöktes, *NEGPOS*, stod för negativa (ögonrörelser åt vänster) respektive positiva (ögonrörelser åt höger) sackader. För att få ett bra reliabilitetsmått borde denna variabel inte ha visat någon signifikant skillnad, vilket den inte heller gör, men resultatet visar att variabeln har ett oroväckande lågt p-värde ( $p > 0,067$ ). Detta kan förklaras med att uppställningen av laborationsplatsen sattes upp med ögonmått så det är inte säkert att huvudställningen stod exakt i mitten av skärmen. Även hur försökspersonerna placerade sitt huvud i ställningen påverkar resultaten.

### 5.1.2 Validitet

I studie 2 och studie 3 studerades *JAZZ™*-utrustningens validitet, att utrustningen mäter vad den är avsedd att mäta, i det här fallet horisontella sackader och mental arbetsbelastning. I ovanstående resonemang (kapitel 5.1.1) framgår att studie 1 visar att *JAZZ™*-utrustningen mäter vad den ska mäta och alltså är valid i fråga om horisontella sackader. Mental arbetsbelastning studerades i de övriga studierna. Studie 2 var utformad som studie 1 och det var därför lämpligt att direkt jämföra dessa två studier. Det kunde direkt efter försöken i studie 2 observeras en ökning av antal sackader mot studie 1. Det var också betydligt ”flackigare” data, det gick inte att utläsa rörelsemönstret efter ljuspricken lika tydligt som i studie 1.

Efter filtreringen, då endast små sackader (1,8° - 3°) återstod, fanns fortfarande en skillnad av antal sackader i studie 1 och studie 2. I tabell 4.1 syns däremot att detta inte stämmer för alla försökspersoner. Detta kan bero på att det inte finns någon kalibreringsfunktion i *JAZZ™*-utrustningen, det interna rådata som produceras genom försöken kan skilja sig mycket åt i storlek. Ju större värden rådatat producerar desto fler små sackader detekterar utrustningen, mer om detta i kapitel 5.2. En försöksperson har speciellt besynnerliga värden i tabell 4.1. I studie 1.1 hade denne allmänt betydligt fler sackader och betydligt flackigare rörelsemönster än någon annan, något som tolkades som att denne inte hade förstått uppgiften. I studie 1.2 syntes ett tydligt rörelsemönster som stämde med ljusprickprogrammet, precis som de övriga försökspersonerna hade. Sedan, i studie 2, hade denne betydligt fler sackader igen, och nu i båda delstudierna. Detta kan tyda på att det i själva verket var i studie 2.1 som något problem med utrustningen uppstod. Det kan också nämnas att samma försöksperson inte hade högst internt rådatanummer än övriga, något som annars skulle ha kunnat förklara att betydligt fler sackader detekterades hos denne. Men så var alltså inte fallet.

De statistiska resultaten samt histogrammen i figur 4.1 visar att det finns någon skillnad mellan de båda studierna, i och med att sackadfordelningen i histogrammen ser olika ut i de båda studierna samt att variabeln *STUDIE*, som jämförde studie 1 och studie 2, visade signifikant skillnad (diagram 4.4). Variabeln *TID* (diagram 4.5) visade inte signifikant skillnad vilket betyder att utrustningen mäter samma sak trots att en viss tid gått mellan delstudierna.

Även studie 3 behandlade *JAZZ™*-utrustningens validitet. Hela studie 3 jämfördes med de båda andra, samt att de båda delstudierna 3.1 och 3.2 jämfördes mot varandra. Detta eftersom de skiljdes åt, det var en högre arbetsbelastning i studie 3.2 än i studie 3.1. I histogrammen i figur 4.2 återges alla sackader från de båda delstudierna. De är uppdelade i negativa och positiva sackader för att se om det fanns en möjlighet att följa hur försökspersonerna rört

blicken, om de hade haft uppmärksamheten mer på höger eller vänster sida. Det gick dock inte att utläsa någon sådan skillnad. Det finns inte heller något som stödjer den första arbetshypotesen, att sackadamlituder skulle få mindre omfång vid högre mental arbetsbelastning. Det har inte gjorts några beräkningar på detta, utan denna slutsats dras från utseendet på histogrammen i figur 4.2. Histogrammen visar däremot att det finns fler små sackader i studie 3.2 än i studie 3.1, vilket stödjer den andra arbetshypotesen.

De statistiska resultaten baseras på en jämförelse mellan studie 1, 2 och 3. Återigen visades en signifikant skillnad mellan de tre olika studierna (diagram 4.8) och ingen skillnad mellan delstudierna (diagram 4.9). Korsvariabeln mellan studier och delstudier visade en signifikant skillnad vilket betyder att de sex olika delstudierna skiljde sig åt (diagram 4.10). Den efterföljande post hoc-analysen visade att hela studie 3 skiljdes från studie 1 och 2, samt att studie 3.1 skiljde sig från studie 3.2. Detta stämmer överens med de subjektiva resultaten som framkommit ur enkäterna, där försökspersonerna skattade arbetsbelastningen betydligt högre i studie 3.2 än i de övriga (diagram 4.16).

### **5.1.3 Mental arbetsbelastning**

Ett syfte med rapporten var att se om JAZZ™-utrustningen kunde detektera mental arbetsbelastning. Detta studerades i studie 2 och studie 3. De statistiska resultaten visar att det går att påvisa en effekt av mental arbetsbelastning i och med den signifikanta skillnaden mellan de olika studierna, och även i skillnaden mellan studie 3.2 och de övriga delstudierna. Att denna effekt kommer från just mental arbetsbelastning kan utläsas från enkäterna där försökspersonerna fått göra egna subjektiva bedömningar av försöken. Dessutom uttalade sig ett flertal försökspersoner spontant efter försöken och påpekade att de upplevt de som ansträngande. I studie 2 skattades ansträngningen, de mentala kraven och förmåga att följa ljuspricken med blicken högre än medelvärde på skalan vilket beskrivs i kapitel 4.2.2. Något överraskande skattades även stressen över medelvärde trots att det inte förekom någon tidspress. Detta kan tolkas som en effekt av den mentala arbetsbelastningen.

I de subjektiva bedömningarna efter studie 3 var tanken att försökspersonerna skulle skatta upplevelsorna efter hur de känt efter den delstudie som de just genomfört. Detta framgick dock inte i enkäten vilket ledde till att vissa försökspersoner besvarade andra enkäten utefter hur de hade upplevt hela studie 3 istället för endast det andra försöket. En jämförelse mellan de båda delstudierna i studie 3 visar att försökspersonerna upplevt andra försöket som betydligt mer ansträngande, stressig och mycket svårare att hänga med i. Diagram 4.16 visar också att studie 3.2 upplevts som den mest krävande av de fyra delstudier som behandlade mental arbetsbelastning. Liknande resultat kan ses i diagrammen 4.17-4.19 där försökspersonerna själva fick jämföra de olika delstudierna. Det var främst på dessa frågor som en del kan ha missuppfattat att skilja på de båda delstudierna i studie 3 eftersom frågorna 28-30 i enkät 3 var utformade som: ”*Vilken av studie 2 och studie 3 var mest ansträngande?*” när det skulle varit tydligare om frågan ställts om delstudien istället.

Försökspersonerna fick i enkät 2 och 3 skatta sin egen prestation, hur bra de trodde att de hade utfört uppgiften. Dessa skattningar jämfördes sedan med de verkliga resultaten som fanns tillgängliga. Sedan var tanken att se om det gick att uppmärksamma något mönster i ögonrörelser eller i antal sackader hos dem som hade presterat bra, och även hos dem som trodde att de hade presterat bra. Någon sådan utredning fanns det dock inte tid för under den här rapportens utförande.

## 5.2 JAZZ™-utrustningens användarvänlighet

JAZZ™ och dess medföljande program, JazzManager™, beskrivs i produktbeskrivningen som självkalibrerande. Detta beror dock på hur man tolkar ordet "kalibrering". Vid kontakt med tillverkarna rekommenderar de ett kalibreringsexperiment varje gång JAZZ™ placeras på huvudet. Någon "nollställning" som gjordes vid försöken behövs inte enligt tillverkarna. Istället rekommenderade de att göra ett "riktigt" kalibreringsexperiment innan försöken påbörjades med en referenspunkt o.s.v.

JazzManager™ hade en tendens att vid ett par tillfällen stänga av sig utan någon synbar anledning. Detta skedde då en ny JAZZ™-fil skulle analyseras av Saccade Center. Det var inga problem att åter sätta igång programmet och fortsätta arbeta efter något sådant hänt, men vad nedsläckningen berodde på är oklart. En JAZZ™-fil gick överhuvudtaget inte att läsa in i Saccade Center, programmet stängdes av så fort den filen valdes vilket ledde till att data från en försöksperson i studie 1 fattas.

Då en ny insamling skulle börja var man tvungen att först släcka ner Economy strip chart (datainsamlingsprogrammet) och sedan öppna det igen, två insamlingar kunde inte göras efter varandra. Insamlandet kunde också vara trögt, det dröjde i vissa fall upp till 3 sekunder innan dataflödet och därmed också insamlandet kom igång. På grund av detta togs inte 8 sekunder bort i början av vissa JAZZ™-filer, utan 7 eller 6 sekunder, eftersom ljusprickprogrammet låg ett par sekunder före datainsamlingen. Ibland dröjde det alldeles för länge innan det kom igång, då var det bara att avbryta ljusprickprogrammet, starta om Economy strip chart och börja om igen. Detta hände ungefär 1 av 15 gånger.

Det är oklart vad de siffror som uttrycker sackadamplituderna innan kalibrering står för, speciellt då de varierar över en stor räckvidd. De stora amplituderna ( $44^\circ$ ) varierade från 800 till 10 000 från gång till gång, med okänd enhet. Ju högre siffrorna var desto fler sackader detekterades, därav de olika begränsningarna på sackader som utfördes i studierna (avgränsningen på  $1,8^\circ$  i studie 2 och 3 t.ex.). Efter kontakt med tillverkarna beskriver de dessa nummer som interna måtenheter, 12 bit AD-omvandling ska motsvara nummer mellan 0 och 4096. På frågan om varför de varierar i sådan stor utsträckning blev svaret att delar av den dynamiska vidden används för att kompensera de onoggrannheter som uppstår av att placera utrustningen i relation till ögonhålan, och att rekommendationen var att inte alls ta av utrustningen om det inte var nödvändigt.

En stor del av efterarbetet lades ner på att kalibrera om data till grader eftersom detta inte kunde göras innan insamlandet satte igång. Nu i efterhand har tillverkarna rekommenderat en kalibrering med referenspunkt innan försöken sätter igång, men tyvärr stod inget sådant produktinformation, utan där beskrivs den som "självkalibrerande". Det uppfattades som att ingen kalibrering behövdes. Det bästa vore om utrustningen kalibrerades och sedan automatiskt kalibrerade all data direkt istället för att det ska behöva vara en del av efterarbetet.

Den mystiska variabeln "Point difference for speed" förklarades till en viss del av tillverkarna efter kontakt, men en oklarhet kvarstår, det är lite konstigt att vissa JAZZ™-filer hade ett optimalt värde på parametern där de fick flest sackader detekterade och andra hade ett helt annat optimalt värde. Enligt tillverkarna beror detta på hur mycket brus som finns i filen, men kan man veta det i förväg? Det verkar svårt att veta vilket värde på parametern som är bäst för varje JAZZ™-fil, och speciellt vilket värde som är bäst då man vill ha samma inställningar på parametrar för alla JAZZ™-filer, som är det aktuella fallet.

JAZZ™-utrustningen beskrivs som ett litet och icke-påträngande instrument, något som verkar stämma överens med försökspersonernas erfarenhet av utrustningen. Enligt enkäterna märktes den mest under den första studien, för att sedan märkas mindre och mindre för varje studie (se diagram 4.13). Detta beror troligen på en blandning av erfarenhet av utrustningen efter tidigare användande och att uppgiften som försökspersonerna utförde tog mer uppmärksamhet än tidigare och därmed låg inte lika mycket uppmärksamhet på utrustningen. Samma sak skedde med påverkan på synfält och fokusering, det finns en tydligt nedåtgående trend bland försökspersonernas uppfattning (diagram 4.14-4.15).

Efter studie 1 och 2 fanns det ett par försökspersoner som antydde att de känt av fysiska besvär, som huvudvärk, illamående eller yrsel. Det var dock endast en mycket liten upplevelse (2 på en skala 1-7, där 7 är max) och, som beskrivs i kapitel 4, hade dessa upplevelser försvunnit så gott som direkt efter försökens avslutande. Troligen hade dessa upplevelser mer att göra med följet av ljuspricken än av själva utrustningen.

Det ska inte vara några problem att bära glasögon utanför utrustningen, men i och med att ingen försöksperson bar glasögon under försöken kan det inte utvärderas. Däremot bar 6 försökspersoner lins vilket inte verkar ha påverkat resultaten.



## 6 Slutsats och fortsatta rekommendationer

Syftet med arbetet var att utreda JAZZ™-utrustningens reliabilitet och validitet, samt att klargöra om utrustningen är lämplig att använda till detektering av mental arbetsbelastning. Två hypoteser användes som vägledning för validitetsutredningen: att sackader får mindre omfattning vid högre mental arbetsbelastning samt att fler små sackader kan detekteras då mentala krav ökar. De två frågeställningarna som skulle besvaras var:

- Vad blir resultatet av en utredning kring reliabilitet och validitet av JAZZ™-utrustningen?
- Är det möjligt att detektera mental arbetsbelastning med hjälp av JAZZ™?

Författarens slutsats är att JAZZ™-utrustningen är reliabel, att den är konsekvent i sina mätningar. Denna slutsats kan dras efter de resultat som framkom vid studie 1 då det visade sig att utrustningen gav samma resultat för en försöksperson vid upprepad mätning trots att det gått en viss tid mellan försöken. Vidare anser författaren att utrustningen är valid, att den mäter vad den är avsedd att mäta som i det här fallet är sackader i horisontalled. Även det kan konstateras efter studie 1. Ännu en slutsats är att det går att detektera mental arbetsbelastning med JAZZ™-utrustningen. För att komma fram till denna slutsats krävdes utöver sackaddata även subjektiva bedömningar från försökspersonerna för att fastställa att de förändringar som observerats i datat verkligen berodde på mental arbetsbelastning och inget annat. En av de två arbetshypoteserna svarade mot resultaten i studie 2 och 3, det var fler små sackader i studie 2 än i studie 1 där ingen mental arbetsbelastning hade förekommit, samt fler små sackader i studie 3.2 än i 3.1, till följd av att arbetsbelastningen höjdes. Sackadernas omfattning minskade däremot inte i studie 3.2 jämfört med studie 3.1, något som talade mot den första arbetshypotesen.

De fortsatta rekommendationer som finns är att fortsätta undersöka JAZZ™-utrustningen och studera dess övriga funktioner, främst sackader i vertikalled. Även att testa utrustningen ute i fält är en rekommendation, eftersom samtliga studier som redovisats här är gjorda i lab-miljö. Vid vidare undersökningar av JAZZ™-utrustningen bör man använda sig av den nyare versionen av JazzManager™ som finns tillgänglig.





## 7 Referenser

### Tryckt litteratur

Carpenter, R.H.S. (1991). *Vision and Visual Dysfunction Volume 8: Eye Movements*. Generell ed. Cronly-Dillon. J. CRC Press. Inc., Florida. ISBN 0-8493-7508-8

Charlton, S. G. (1996). *Questionnaire techniques for test and evaluation*. Från T. G. O'Brien & S. G. Charlton (Eds.). Handbook of human factors testing and evaluation (pp. 81-99). Mahwah. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Duchowski, A. T. (2003). *Eye Tracking Methodology: theory and practice*. Springer-Verlag London Limited. London. ISBN 1-85233-666-8

Heiman, G. W. (2001). *Understanding Research Methods and Statistics. an integrated introduction for psychology*. Houghton Mifflin Company. Boston. ISBN 0-618-04304-7

Inui, T. (1996). *Brain and visual cognition*. Science-sha. Tokyo. Japan

Leigh, R.J., & Zee, D.S (1991). *The Neurology of Eye Movements*. Philadelphia. PA: Davis

Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Fransisco. ISBN 0-12-518406-9

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A., & Björkqvist, S-E. (1979). *Människans fysiologi och anatomi*. Svensk bearbetning Fransson. P. & Kvist. U. (1985). Liber AB. Stockholm. ISBN 91-47-00544-0

Tortora, G.J., & Grabowski, S.R. (2003). *Principles of anatomy & physiology*. John Wiley & Sons Inc., New York. ISBN 0-471-22472-3

Vander, A., Sherman, J., & Luciano, D. (1994). *Human physiology*. McGraw Hill. Inc., USA. ISBN 0-07-113761-0

Wandell, B. (1995). *Foundations of vision*. Sinauer Associates. cop. Sunderland

Yarbus, A. L. (1967). *Eye Movements and Vision*. Plenum Press. New York

### Avhandlingar och Rapporter

Alfredsson, J., Nählinder, S., & Castor, M. (2004). *Measuring eye movements in applied psychological research – five different techniques – five different approaches* (FOI-R—1406-SE). Totalförsvarets forskningsinstitut. Linköping

Brännström, T. (1997). *Ögonrörelsemätning i teori och praktik* (LiTH-ISY-EX-1849) Institutionen för Systemteknik. LiTH. Linköping

GARTEUR Action Group FM AG13 (2003). *GARTEUR Handbook of Mental Workload Measurement*. GARTEUR TP145

Lantz, P., & Segerhammar, P. (1980). *A gaze measuring system* (ULi-IMT-EX-071). Institutionen för Medicinsk teknik. LiU. Linköping

Schalén, L. (1981). *Saccades. fast phases of nystagmus and tracking eye movements in man: an electro-oculographic study*. LU. Lund

Uhlin, T. (1996). *Fixation and Seeing Systems* (KTH/NA/P—96/10--SE). KTH. Stockholm

Wetzel, P., Kreuger-Andersson, G., Poprik, C., & Bascom, P. (1997). *An Eye Tracking System for Analysis of Pilots' Scan Paths* (ADA 326 750). Hughes Training. Inc., Mesa. Arizona

Willems, B., Allen, R., & Stein, E. (1999). *Air Traffic Control Specialist Visual Scanning II: Task Load. Visual Noise. and Intrusions Into Controlled Airspace* (ADA 372 988). Virginia

## Artiklar

Allison, R., Eizemann, M., & Cheung, B. (1996). Combined Head and Eye Tracking System for Dynamic Testing of the Vestibular System. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. Vol. 43. No. 11

Baddeley, A. D. (1996). Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 18

Brookings, J., Wilson, G., & Swain, C. (1996). Psychophysiological responses to changes in workload during simulated air traffic control. *Biological Psychology*. Vol. 42. No. 3

Eggemeier, F.G., & Wilson, G.F. (1991). Performance-based and subjective assessment of workload in multi-task environment. *Damos DL. ed. Multiple-task performance*. London

Enright, J.T. (1998). Estimating peak velocity of rapid eye movements from video recordings. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*. Vol. 30. No. 2

Gopher, D., & Braune, R. (1984). On the psychophysics of workload: Why bother with subjective measures? *Human Factors* Vol. 26

Hankins, T., & Wilson, G. (1998). A comparison of heart rate, eye activity, EEG and subjective measures of pilot mental workload during flight. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*. Vol. 69. No. 4

Kramer, A.F. (1991). Physiological metrics of mental workload: A review of recent progress. *Damos DL. ed Multiple-task performance*. London

May, J., Kennedy, R., Williams, M., Dunlap, W., & Brannan, J. (1990). Eye movement indices of mental workload. *Acta Psychologica*. Vol. 75. No. 1

Nakayama, M., & Shimizu, Y. (2004). Frequency Analysis of Task Evoked Pupillary Response and Eye-movement. *Proceeding of the Eye Tracking Research and Applications Symposium. ETRA 2004. Texas*

Neumann, D., & Lipp, O. (2002). Spontaneous and Reflexive Eye Activity Measures of Mental Workload. *Australian Journal of Psychology*. Vol. 54. No. 3

Ober Consulting Poland (2001). JAZZ™ Produktinformation

Pruchsnier, W.R., Zenker, M., & Enderle, J. D. (2004). Eye movement detector calibration device. *Biomedical Science Instrument. Vol. 40*

Schmidt, D. (1978). A queueing analysis of the air traffic controllers' workload. *IEEE Transactions on Systems. Man. and Cybernetics. SMC-8*

Szzechura, J., Terelak, J., Kobos, Z., & Pinkowski, J. (1998). Oculographic Assessment of Workload Influence on Flight Performance. *International Journal of Aviation Psychology. Vol. 8. No. 2*

Tole, J. R., Stephens, R. L., Harris, R. L. Sr., & Ephrath, A. R. (1982). Visual Scanning Behavior and Mental Workload in Aircraft Pilots. *Aviation. Space. and Environmental Medicine. Vol. 53. No. 1*

Van Orden, K., Limbert, W., & Makeig, S. (2001). Eye Activity of Workload during a Visuospatial Memory Task. *Human Factors. Vol. 43. No. 1*

Versino, M., Castelnovo, G., Bergamaschi, R., Romani, A., & Cosi, V. (1992). The reliability of eye movement quantitative evaluation. I. Saccadic eye movements. *Boll. Soc. It. Biol. Sper., Vol. 68. No. 6*

Young, L. R., & Sheena, D. (1975). Methods & Design: Survey of eye movements recording Methods. *Behavior Research Methods & Instrumentation. Vol. 5. No. 5*

## **Internet**

OIC System. Vision vs Eyesight  
<http://www.neurovisuopathy.com>  
[Tillgänglig 2005-05-12]

Institute for biological information processing (IBI). Cellular signal processing  
[http://www.fz-juelich.de/ibi/ibi-1/Color\\_vision](http://www.fz-juelich.de/ibi/ibi-1/Color_vision)  
[Tillgänglig 2005-05-10]

Insyn Sverige AB  
<http://www.insyn.se>  
[Tillgänglig 2005-05-17]

## **Kontakter**

Dylak, Jacek. Forskare, Polen. Mail 2005-05-05  
Falkmer, Torbjörn. Dr, Hälsouniversitetet Linköping. Kontinuerlig kontakt  
Jakobsson, Peter. Docent, US Linköping. Telefon 2005-02-17  
Ober, Jakub. Forskare, Polen. Mail 2005-05-03  
Ober, Jan. Dr, Polen. Mail 2005-05-05



## 8 Bilagor

- Bilaga A. Kontrakt
- Bilaga B. Enkät Studie 1
- Bilaga C. Enkät Studie 2
- Bilaga D. Enkät Studie 3
- Bilaga E. Ljusprickprogrammet
- Bilaga F. Instruktioner Studie 1
- Bilaga G. Instruktioner Studie 2
- Bilaga H. Instruktioner Studie 3
- Bilaga I. Påståenden Studie 2
- Bilaga J. MATB
- Bilaga K. JAZZ™ -fil. original
- Bilaga L. Point difference for speed
- Bilaga M. Histogram
- Bilaga N. JAZZ™ -fil. kalibrerad och nedskuren
- Bilaga O. Statistiska resultat Studie 1
- Bilaga P. Enkät 1 och svar
- Bilaga Q. Statistiska resultat Studie 2
- Bilaga R. Enkät 2 och svar
- Bilaga S. Statistiska resultat Studie 3
- Bilaga T. Enkät 3 och svar



## ***Bilaga A***

### **Kontrakt**

Jag har härmed tagit del av de instruktioner som getts mig och ger mitt samtycke till att delta i studie 1<sup>4</sup>. Jag är medveten om att all data behandlas konfidentiellt och presenteras som medelvärden i grupp. Resultatet kan därför inte spåras till mig som enskild individ.

Underskrift

Datum

---

---

Namnförtydligande

---

---

<sup>4</sup> Denna siffra ändrades till de andra studierna till 2 och 3.





## Bilaga B

### Enkät studie 1

Nedan följer ett antal frågor. De första är introduktionsfrågor, sedan följer ett antal frågor om hur du upplevde JAZZ™-utrustningen. Varje JAZZ™-relaterad fråga har ett 7-gradigt svars-alternativ. Var vänlig markera den grad som passar bäst in på dig och dina upplevelser.

Exempel:

*Tyckte du att det här försöket var roligt?*

1	2	3	4	5	6	7
Nej, det var väldigt tråkigt			Sådär			Ja, det var det roligaste jag varit med om

1. Jag är        Man ( )  
                  Kvinna ( )

2. Jag är \_\_\_\_ år gammal

3. Har du nedsatt syn?        Ja ( )  
  Nej ( )

Om ja, gå till fråga 4  
Om nej, gå till fråga 6

4. Vilken grad av synfel har du? \_\_\_\_\_

5. Använde du glasögon under försöket?    Ja ( )  
  Nej ( )

6. Har du tagit någon form av medicin inom de närmsta 24 timmarna?    Ja ( )  
  Nej ( )

Om ja, vilken medicin var det? \_\_\_\_\_

För hur många timmar sedan tog du medicinen?    0-3 ( ) 4-7 ( ) 8-24 ( )

7. Märkte du av att du hade JAZZ™-utrustningen på dig?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, jag glömde att den alls fanns där			Ja, till och från			Ja, jag tänkte på den hela tiden

8. Påverkades ditt synfält av utrustningen?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, jag såg precis som vanligt			Lite, men inte så det störde			Ja, synfältet stördes påtagligt

9. Påverkades din fokusering på ljuspricken under försökets gång av utrustningen?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Den stördes under vissa perioder			Ja, jag hade mycket svårt att fokusera

10. Blev du trött i ögonen under försöket?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Jag blev lite trött i ögonen			Ja, jag blev mycket trött i ögonen

11. Kände du någon irritation i ögonen?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Jag kände lite irritation			Ja, jag blev mycket irriterad i ögonen

12. Upplevde du illamående under försöket?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Lite, under delar av försöket			Ja, under hela försöket

13. Upplevde du någon yrsel under försöket (t.ex. yr i huvudet)?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Lite, under delar av försöket			Ja, under hela försöket

14. Upplevde du någon huvudvärk under försöket?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Lite, under delar av försöket			Ja, under hela försöket

15. Tyckte du att utrustningen kliade under försöket?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Lite, men inte så det störde			Ja, den kliade mest hela tiden

16. Är det något som du vill tillägga angående din upplevelse av användandet av JAZZ™ -utrustningen?

---

---

---

Tack för din medverkan!

## Kod till eQuestionnaire

eQuestionnaire kräver att den svarande skriver något på varje fråga, därav uppmaningen på frågorna 4 och 7. På fråga 19 fick de skriva ”nej” eller ”inget” eller liknande om de inte ville tillägga något.

;enkät 1

00.Enkät1

01.Jag är[I2{Man:Kvinna}]

02.Hur gammal är du?[T]

03.Har du nedsatt syn?[I2{Ja:Nej}]

04.Om ja, ange vilket synfel du har. Om nej, skriv "0".[T]

05.Använde du glasögon under försöket?[I2{Ja:Nej}]

06.Har du tagit någon form av medicin inom de närmaste 24 timmarna?[I2{Ja:Nej}]

07.Om ja, ange vilken medicin det var. Om nej, skriv "ingen".[T]

08.För hur många timmar sedan tog du medicinen?[I4{0-3:4-7:8-24:Har inte tagit någon medicin}]

09.Nu följer ett antal frågor som behandlar din upplevelse av JAZZ™-utrustningen[I1{OK}]

10.Märkte du av att du hade JAZZ™-utrustningen på dig?[I7{Nej.tänkte inte på den:Till och från:Ja,hela tiden}]

11.Påverkades ditt synfält av utrustningen?[I7{Nej,jag såg som vanligt:Lite,men inte så det störde:Det stördes påtagligt}]

12.Påverkades din fokusering på pricken under försökets gång av utrustningen?[I7{Nej,inte alls:Den stördes under vissa perioder:Ja,mycket}]

13.Blev du trött i ögonen under försöket?[I7{Nej,inte alls:Jag blev lite trött i ögonen:Ja,mycket}]

14.Kände du någon irritation i ögonen?[I7{Nej,inte alls:Jag kände lite irritation:Ja,mycket}]

15.Upplevde du illamående under försöket?[I7{Nej,inte alls:Lite,under delar av försöket:Ja,under hela försöket}]

16.Upplevde du någon yrsel under försöket (t ex yr i huvudet)?[I7{Nej,inte alls:Lite,under delar av försöket:Ja,under hela försöket}]

17.Upplevde du någon huvudvärk under försöket?[I7{Nej,inte alls:Lite,under delar av försöket:Ja,under hela försöket}]

18.Tyckte du att utrustningen kliade under försöket?[I7{Nej,inte alls:Lite,men inte så det störde:Den kliade hela tiden}]

19.Är det något du vill tillägga angående din upplevelse av användandet av JAZZ™-utrustningen?[T]

20.Tack för din medverkan![I1{OK}]

## Bilaga C

### Enkät studie 2

Nedan följer ett antal frågor. De första är introduktionsfrågor, sedan följer ett antal frågor om hur du upplevde JAZZ™-utrustningen samt din upplevelse av mental arbetsbelastning. Varje JAZZ™- och belastningsrelaterad fråga har ett 7-gradigt svarsalternativ. Var vänlig markera den grad som passar bäst in på dig och dina upplevelser.

Exempel:

*Tyckte du att det här försöket var roligt?*

1	2	3	4	5	6	7
Nej, det var väldigt tråkigt			Sådär			Ja, det var det roligaste jag varit med om

1. Jag är      Man ( )  
                  Kvinna ( )

2. Jag är \_\_\_\_ år gammal

3. Har du nedsatt syn?      Ja ( )  
  Nej ( )

Om ja, gå till fråga 4  
Om nej, gå till fråga 6

4. Vilken grad av synfel har du? \_\_\_\_\_

5. Använde du glasögon under försöket?    Ja ( )  
  Nej ( )

6. Har du tagit någon form av medicin inom de närmsta 24 timmarna?    Ja ( )  
  Nej ( )

Om ja, vilken medicin var det? \_\_\_\_\_

För hur många timmar sedan tog du medicinen?    0-3 ( ) 4-7 ( ) 8-24 ( )

7. Märkte du av att du hade JAZZ™-utrustningen på dig?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, jag glömde att den alls fanns där			Ja, till och från			Ja, jag tänkte på den hela tiden

8. Påverkades ditt synfält av utrustningen?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, jag såg precis som vanligt			Lite, men inte så det störde			Ja, synfältet stördes påtagligt

9. Påverkades din fokusering på ljuspricken under försökets gång av utrustningen?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Den stördes under vissa perioder			Ja, jag hade mycket svårt att fokusera

10. Blev du trött i ögonen under försöket?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Jag blev lite trött i ögonen			Ja, jag blev mycket trött i ögonen

11. Kände du någon irritation i ögonen?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Jag kände lite irritation			Ja, jag blev mycket irriterad i ögonen

12. Upplevde du illamående under försöket?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Lite, under delar av försöket			Ja, under hela försöket

13. Upplevde du någon yrsel under försöket (t.ex. yr i huvudet)?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Lite, under delar av försöket			Ja, under hela försöket

14. Upplevde du någon huvudvärk under försöket?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Lite, under delar av försöket			Ja, under hela försöket

15. Tyckte du att utrustningen kliade under försöket?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Lite, men inte så det störde			Ja, den kliade mest hela tiden

16. Är det något som du vill tillägga angående din upplevelse av användandet av JAZZ™-utrustningen?

---

---

---

*Nedan följer frågor som behandlar din upplevelse av mental arbetsbelastning.*

17. Upplevde du försöket som ansträngande?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Det var ansträngande från och till			Ja, det var mycket ansträngande

18. Tyckte du att det var lätt att följa ljuspunkten?

1	2	3	4	5	6	7
Ja, det var inga problem alls			Det var svårt under vissa perioder			Nej, det var mycket svårt att hänga med

19. Upplevde du försöket som mentalt krävande (behövde du tänka länge innan du svarade på de upplästa påståendena)?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Det var ganska krävande			Ja, det var mycket krävande

20. Upplevde du en känsla av stress?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Det var frustrerande under vissa perioder			Ja, det var mycket frustrerande

21. Hur skulle du själv bedöma din prestation?

1	2	3	4	5	6	7
Det gick jättebra, jag svarade nog alla rätt			Det gick ganska bra, jag svarade nog rätt på hälften			Det gick dåligt, jag svarade nog fel på alla

22. Var det lätt att förstå uppgiften?

1	2	3	4	5	6	7
Ja, jag förstod direkt vad jag skulle göra			Det var lite problem i början, men sedan var det inga problem			Nej, det tog ganska lång tid innan jag förstod

23. Var det svårt att höra påståendena?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, jag hörde allt klart och tydligt			Ibland var det svårt att höra			Ja, jag hade väldigt svårt att höra

Om du svarat 4 eller högre på fråga 23, varför var det svårt att höra frågorna?

---

24. Är det något som du vill tillägga angående din upplevelse av mental arbetsbelastning?

---

---

---

Tack för din medverkan!



## Kod till eQuestionnaire

eQuestionnaire kräver att den svarande skriver något på varje fråga, därav uppmaningen på frågorna 4, 7 och 28. På frågorna 19 och 29 fick de skriva "nej" eller "inget" eller liknande om de inte ville tillägga något.

;enkät 2

00.Enkät2

01.Jag är[I2{Man:Kvinna}]

02.Hur gammal är du?[T]

03.Har du nedsatt syn?[I2{Ja:Nej}]

04.Om ja, ange vilket synfel du har. Om nej, skriv "0".[T]

05.Använde du glasögon under försöket?[I2{Ja:Nej}]

06.Har du tagit någon form av medicin inom de närmaste 24 timmarna?[I2{Ja:Nej}]

07.Om ja, ange vilken medicin det var. Om nej, skriv "ingen".[T]

08.För hur många timmar sedan tog du medicinen?[I4{0-3:4-7:8-24:Har inte tagit någon medicin}]

09.Nu följer ett antal frågor som behandlar din upplevelse av JAZZ™-utrustningen[I1{OK}]

10.Märkte du av att du hade JAZZ™-utrustningen på dig?[I7{Nej,tänkte inte på den:Till och från:Ja,hela tiden}]

11.Påverkades ditt synfält av utrustningen?[I7{Nej,jag såg som vanligt:Lite,men inte så det störde:Det stördes påtagligt}]

12.Påverkades din fokusering på pricken under försökets gång av utrustningen?[I7{Nej,inte alls:Den stördes under vissa perioder:Ja,mycket}]

13.Blev du trött i ögonen under försöket?[I7{Nej,inte alls:Jag blev lite trött i ögonen:Ja,mycket}]

14.Kände du någon irritation i ögonen?[I7{Nej,inte alls:Jag kände lite irritation:Ja,mycket}]

15.Upplevde du illamående under försöket?[I7{Nej,inte alls:Lite,under delar av försöket:Ja,under hela försöket}]

16.Upplevde du någon yrsel under försöket (t ex yr i huvudet)?[I7{Nej,inte alls:Lite,under delar av försöket:Ja,under hela försöket}]

17.Upplevde du någon huvudvärk under försöket?[I7{Nej,inte alls:Lite,under delar av försöket:Ja,under hela försöket}]

18.Tyckte du att utrustningen kliade under försöket?[I7{Nej,inte alls:Lite,men inte så det störde:Den kliade hela tiden}]

19.Är det något du vill tillägga angående din upplevelse av användandet av JAZZ™-utrustningen?[T]

20.Nu följer ett antal frågor som behandlar din upplevelse av mental arbetsbelastning[I1{OK}]

21.Upplevde du försöket som ansträngande?[I7{Nej,inte alls:Det var ansträngande till och från:Ja,mycket}]

22.Tyckte du att det var lätt att följa pricken?[I7{Ja,det var inga problem:Det var svårt under vissa perioder:Nej,det var mycket svårt}]

23.Upplevde du försöket som mentalt krävande (behövde du tänka länge innan du svarade på de upplästa påståendena)?[I7{Nej,inte alls:Det var ganska krävande:Ja,mycket krävande}]

24.Upplevde du en känsla av stress?[I7{Nej,inte alls:Det var frustrerande under vissa perioder:Ja,hela tiden}]

25.Hur skulle du själv bedömma din prestation?[I7{Jag har nog alla rätt:Jag har nog rätt på hälften:Jag har nog alla fel}]

26.Var det lätt att förstå uppgiften?[I7{Jag förstod direkt:Jag hade lite problem i början:Nej,det tog lång tid}]

27.Var det svårt att höra påståendena?[I7{Nej,inte alls:Ibland var det svårt att höra:Det var mycket svårt}]

28. Om du svarat 4 eller högre på föregående fråga, varför var det svårt att höra? Om du svarat lägre än 4, skriv "Nej".[T]

29.Är det något du vill tillägga angående din upplevelse av mental arbetsbelastning?[T]

30.Tack för din medverkan![I1{OK}]



## Bilaga D

### Enkät studie 3

Nedan följer ett antal frågor. De första är introduktionsfrågor, sedan följer ett antal frågor om hur du upplevde JAZZ™-utrustningen samt din upplevelse av mental arbetsbelastning. Sist kommer ett par frågor som jämför den här studien med studie 2. Varje JAZZ™- och belastningsrelaterad fråga har ett 7-gradigt svarsalternativ. Var vänlig markera den grad som passar bäst in på dig och dina upplevelser.

Exempel:

*Tyckte du att det här försöket var roligt?*

1	2	3	4	5	6	7
Nej, det var väldigt tråkigt			Sådär			Ja, det var det roligaste jag varit med om

1. Jag är      Man ( )  
                  Kvinna ( )

2. Jag är \_\_\_\_ år gammal

3. Har du nedsatt syn?      Ja ( )  
  Nej ( )

Om ja, gå till fråga 4

Om nej, gå till fråga 6

4. Vilken grad av synfel har du? \_\_\_\_\_

5. Använde du glasögon under försöket?    Ja ( )  
  Nej ( )

6. Har du tagit någon form av medicin inom de närmsta 24 timmarna?    Ja ( )  
  Nej ( )

Om ja, vilken medicin var det? \_\_\_\_\_

För hur många timmar sedan tog du medicinen?    0-3 ( ) 4-7 ( ) 8-24 ( )

7. Märkte du av att du hade JAZZ™-utrustningen på dig?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, jag glömde att den alls fanns där			Ja, till och från			Ja, jag tänkte på den hela tiden

8. Påverkades ditt synfält av utrustningen?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, jag såg precis som vanligt			Lite, men inte så det störde			Ja, synfältet stördes påtagligt

9. Påverkades din fokusering på ljuspricken under försökets gång av utrustningen?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Den stördes under vissa perioder			Ja, jag hade mycket svårt att fokusera

10. Blev du trött i ögonen under försöket?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Jag blev lite trött i ögonen			Ja, jag blev mycket trött i ögonen

11. Kände du någon irritation i ögonen?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Jag kände lite irritation			Ja, jag blev mycket irriterad i ögonen

12. Upplevde du illamående under försöket?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Lite, under delar av försöket			Ja, under hela försöket

13. Upplevde du någon yrsel under försöket (t.ex. yr i huvudet)?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Lite, under delar av försöket			Ja, under hela försöket

14. Upplevde du någon huvudvärk under försöket?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Lite, under delar av försöket			Ja, under hela försöket

15. Tyckte du att utrustningen kliade under försöket?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Lite, men inte så det störde			Ja, den kliade mest hela tiden

16. Är det något som du vill tillägga angående din upplevelse av användandet av JAZZ™-utrustningen?

*Nedan följer frågor som behandlar din upplevelse av mental arbetsbelastning.*

17. Upplevde du försöket som ansträngande?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Det var ansträngande från och till			Ja, det var mycket ansträngande

18. Tyckte du att det var lätt följa med?

1	2	3	4	5	6	7
Ja, det var inga problem alls			Det var svårt under vissa perioder			Nej, det var mycket svårt att hänga med

19. Upplevde du försöket som fysiskt krävande? (Blev du andfådd, trött i armen av musklickandet, etc.)

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Det var ganska krävande			Ja, det var mycket krävande

20. Upplevde du en känsla av stress?

1	2	3	4	5	6	7
Nej, inte alls			Det var frustrerande under vissa perioder			Ja, det var mycket frustrerande

21. Hur skulle du själv bedöma din prestation?

1	2	3	4	5	6	7
Det gick jättebra, jag hade koll på allt hela tiden			Det gick ganska bra, jag hängde med för det mesta			Det gick dåligt, jag hängde inte alls med

22. Är det något som du vill tillägga angående din upplevelse av mental arbetsbelastning?

---

---

---

*Nedan följer frågor som jämför denna studie med studie 2. (Den där du skulle följa en ljusprick med blicken samtidigt som du skulle ta ställning till ett antal påståenden.)*

23. Vilken av studie 2 och studie 3 var mest ansträngande?

Studie 2 ( )      Studie 3 ( )      Båda var lika ansträngande ( )

24. Vilken av studie 2 och studie 3 var mest stressig?

Studie 2 ( )      Studie 3 ( )      Båda var lika stressiga ( )

25. Vilken av studie 2 och studie 3 tror du att du presterade bäst på?

Studie 2 ( )      Studie 3 ( )      Det gick lika bra på båda ( )  
Det gick lika dåligt på båda ( )

26. Är det något du vill tillägga angående de båda studierna?

---

---

---

Tack för din medverkan!

## Kod till eQuestionnaire

eQuestionnaire kräver att den svarande skriver något på varje fråga, därav uppmaningen på frågorna 4 och 7. På frågorna 19, 26 och 31 fick de skriva "nej" eller "inget" eller liknande om de inte ville tillägga något.

;enkät 3

00.Enkät3

01.Jag är[I2{Man:Kvinna}]

02.Hur gammal är du?[T]

03.Har du nedsatt syn?[I2{Ja:Nej}]

04.Om ja, ange vilket synfel du har. Om nej, skriv "0".[T]

05.Använde du glasögon under försöket?[I2{Ja:Nej}]

06.Har du tagit någon form av medicin inom de närmaste 24 timmarna?[I2{Ja:Nej}]

07.Om ja, ange vilken medicin det var. Om nej, skriv "ingen".[T]

08.För hur många timmar sedan tog du medicinen?[I4{0-3:4-7:8-24:Har inte tagit någon medicin}]

09.Nu följer ett antal frågor som behandlar din upplevelse av JAZZ™-utrustningen[I1{OK}]

10.Märkte du av att du hade JAZZ™-utrustningen på dig?[I7{Nej,tänkte inte på den:Till och från:Ja,hela tiden}]

11.Påverkades ditt synfält av utrustningen?[I7{Nej,jag såg som vanligt:Lite,men inte så det störde:Det stördes påtagligt}]

12.Påverkades din fokusering på uppgiften under försökets gång av utrustningen?[I7{Nej,inte alls:Den stördes under vissa perioder:Ja,mycket}]

13.Blev du trött i ögonen under försöket?[I7{Nej,inte alls:Jag blev lite trött i ögonen:Ja,mycket}]

14.Kände du någon irritation i ögonen?[I7{Nej,inte alls:Jag kände lite irritation:Ja,mycket}]

15.Upplevde du illamående under försöket?[I7{Nej,inte alls:Lite,under delar av försöket:Ja,under hela försöket}]

16.Upplevde du någon yrsel under försöket (t ex yr i huvudet)?[I7{Nej,inte alls:Lite,under delar av försöket:Ja,under hela försöket}]

17.Upplevde du någon huvudvärk under försöket?[I7{Nej,inte alls:Lite,under delar av försöket:Ja,under hela försöket}]

18.Tyckte du att utrustningen kliade under försöket?[I7{Nej,inte alls:Lite,men inte så det störde:Den kliade hela tiden}]

19.Är det något du vill tillägga angående din upplevelse av användandet av JAZZ™-utrustningen?[T]

20.Nu följer ett antal frågor som behandlar din upplevelse av mental arbetsbelastning[I1{OK}]

21.Upplevde du försöket som ansträngande?[I7{Nej,inte alls:Det var ansträngande till och från:Ja,mycket}]

22.Tyckte du att det var lätt att följa med?[I7{Ja,inga problem:Det var svårt under vissa perioder:Nej,mycket svårt}]

23.Upplevde du försöket som fysiskt krävande? (Blev du andfådd, trött i armen etc)[I7{Nej,inte alls:Det var ganska krävande:Ja,mycket krävande}]

24.Upplevde du en känsla av stress?[I7{Nej,inte alls:Det var frustrerande under vissa perioder:Ja,hela tiden}]

25.Hur skulle du själv bedömma din prestation?[I7{Jag hade koll hela tiden:Jag hängde med för det mesta:Jag hängde inte alls med}]

26.Är det något du vill tillägga angående din upplevelse av mental arbetsbelastning?[T]

27.Nu följer ett par frågor som jämför denna studie med studie 2. (Där du följde en prick med blicken samtidigt som du skulle ta ställning till ett antal påståenden.)[I1{OK}]

28.Vilken av studie 2 och studie 3 var mest ansträngande?[M3{Studie 2:Studie 3:Båda var lika ansträngande}]

29.Vilken av studie 2 och studie 3 var mest stressig?[M3{Studie 2:Studie 3:Båda var lika stressiga}]

30.Vilken av studie 2 och studie 3 tror du att du presterade bäst på?[M4{Studie 2:Studie 3:Det gick lika bra på båda:Det gick lika dåligt på båda}]

31.Är det något du vill tillägga angående de båda studierna?[T]

32.Tack för din medverkan![I1{OK}]





/pos/command	/pos/nr	/pos/nr/#agg	/pos/time	/pos/time/#agg
GoTo2	0	0	3206	3206
GoTo1	1	1	3033	3033
GoTo2	2	2	3080	3080
GoTo1	3	3	2790	2790
GoTo2	4	4	2802	2802
GoTo1	5	5	3275	3275
GoTo2	6	6	2514	2514
GoTo1	7	7	3261	3261
GoTo2	8	8	3314	3314
GoTo1	9	9	3209	3209
GoTo2	10	10	2545	2545
GoTo1	11	11	2914	2914
GoTo2	12	12	3363	3363
GoTo1	13	13	3290	3290
GoTo2	14	14	2874	2874
GoTo1	15	15	3462	3462
GoTo2	16	16	3371	3371
GoTo1	17	17	2556	2556
GoTo2	18	18	3450	3450
GoTo1	19	19	2864	2864
GoTo3	20	20	3025	3025
GoTo0	21	21	3267	3267
GoTo3	22	22	2554	2554
GoTo0	23	23	3092	3092
GoTo3	24	24	2969	2969
GoTo0	25	25	2798	2798
GoTo3	26	26	3123	3123
GoTo0	27	27	3148	3148
GoTo3	28	28	2764	2764
GoTo0	29	29	2779	2779
GoTo3	30	30	3330	3330
GoTo0	31	31	3325	3325
GoTo3	32	32	3089	3089
GoTo0	33	33	3486	3486
GoTo3	34	34	3411	3411
GoTo0	35	35	2727	2727
GoTo3	36	36	3195	3195
GoTo0	37	37	3480	3480
GoTo3	38	38	2744	2744
GoTo0	39	39	3034	3034
<b>Kommando</b>			<b>Millisekunder</b>	

**Bilaga E**  
**Ljusprick-**  
**programmet**



## **Bilaga F**

### **Instruktioner studie 1**

Den här studien går ut på att testa reliabilitet (att utrustningen ger samma resultat vid upprepade mätningar under liknande förhållanden) och validitet (att utrustningen mäter det den är avsedd att mäta) hos en eye-tracker. JAZZ™ från Ober Consulting. JAZZ™ mäter ögonrörelser i horisontal- och vertikalled, och då främst sackader (snabba ögonrörelser mellan två fixationer, då ögonen är fixerade på något), horisontala och vertikala huvudrörelser, hemoglobin och syresättning i blodet, tid och omgivande ljus. I den här studien ska endast data från sackader i horisontalled samlas in.

#### **JAZZ™-utrustningen**

Utrustningen mäter non-invasivt, vilket betyder att den endast mäter utanpå kroppen. Ögonrörelser mäts med IR-ljus vilket är ett vanligt sätt att mäta ögonrörelser på och är helt ofarligt för ögonen. Glasögon kan användas under försöket och appliceras då ovanpå utrustningen.

#### **Utförande**

Utrustningen kommer att sitta på pannan och näsan och din uppgift är sedan att titta på en ljusprick som kommer att uppenbara sig på en datorskärm framför dig. Följ den ljuspricken med blicken hela tiden. För att minimera huvudrörelser kommer du att få huvudet stabiliserat genom att vila hakan i en ställning. Försök också själv att hålla huvudet så still som möjligt. Försöket kommer att pågå i 2 minuter och efter får du en kort enkät som behandlar dina upplevelser av utrustningen.

Detta försök kommer att upprepas inom några timmar, vilket du fått information om tidigare.

Under försöket kommer försöksledaren att vara med i rummet hela tiden. Enkäten kommer att behandlas anonymt. Försöket är helt frivilligt och du kan när som helst välja att avbryta och ändå erhålla ersättning.

Kontaktinformation till Ellinor:

e-mail: [ellinor.wahlund@foi.se](mailto:ellinor.wahlund@foi.se)

Tele: 013-37 86 02

Mobil: 0736-32 32 08



## **Bilaga G**

### **Instruktioner studie 2**

Den här studien går ut på att mäta mental arbetsbelastning. Det ska göras genom att mäta sackader på samma sätt som i studie 1 samtidigt som du utsätts för mental belastning i form av muntligt givna påståenden.

Precis som i studie 1 kommer du, med huvudet stabiliserat, att följa en ljusprick med blicken. Under försöket kommer försöksledaren att läsa påståenden som du ska svara ”sant” eller ”falskt” på genom att hålla upp två olika skyltar, grön för ”sant” och röd för ”falskt”. Försöket pågår i 2 minuter. Efter försöket får du besvara en enkät som behandlar dels dina upplevelser av utrustningen, dels om du kände dig mentalt belastad.

Detta försök kommer att upprepas inom några timmar, vilket du fått information om tidigare.

Enkäten kommer att behandlas anonymt. Försöket är helt frivilligt och du kan när som helst välja att avbryta och ändå erhålla ersättning.

Kontaktinformation till Ellinor:

e-mail: [ellinor.wahlund@foi.se](mailto:ellinor.wahlund@foi.se)

Tele: 013-37 86 02

Mobil: 0736-32 32 08



## **Bilaga H**

### **Instruktioner studie 3**

Den här studien går ut på att mäta mental arbetsbelastning, som i studie 2. I de båda tidigare studierna har du fått följa en ljusprick med blicken. Nu ska du istället få göra ett arbetsprov på dator, kallat MATB (Multi Attribute Task Battery). Liksom tidigare kommer du att få huvudet stabiliserat med hjälp av en ställning. Sackader i horisontalled kommer att samlas in.

#### **MATB**

Datorskärmen kommer att vara indelad i tre rutor. Varje ruta har en uppgift som du ska sköta. Programmet varnar då något moment är utanför sitt tillåtna utrymme genom att rutans ram börjat blinka.

- I övre vänstra rutan ska du hålla de fyra mätarna inom det tillåtna området. Detta gör du genom att använda tangenterna F1-F4 för motsvarande mätare. Då en mätare hamnat utanför ska du trycka på motsvarande tangent för att få tillbaka mätaren i rätt läge. Om du trycker på en tangent utan att motsvarande mätare befinner sig utanför tillåtet område börjar ramen att blinka och indikera att du gjort fel.
- I övre högra rutan ska du se till att siktet inte hamnar utanför den röda pricken i mitten av måltavlan. Du styr siktet med piltangenterna.
- I den undre rutan ska du se till att rätt figur hamnar i rätt fack. Du öppnar rätt fack med hjälp av ett musklick på respektive figur.

Du kommer att få träna på provet i 2 minuter utan någon utrustning innan försöket sätts igång. Försöket håller på i 3 minuter.

Efter försöket kommer du att få svara på en enkät. Detta försök kommer att upprepas inom ca 20 minuter, vilket du fått information om tidigare.

Under försöket kommer försöksledaren att vara med i rummet hela tiden. Enkäten kommer att behandlas anonymt. Försöket är helt frivilligt och du kan när som helst välja att avbryta och ändå erhålla ersättning.

Kontaktinformation till Ellinor:

e-mail: [ellinor.wahlund@foi.se](mailto:ellinor.wahlund@foi.se)

Tele: 013-37 86 02

Mobil: 0736-32 32 08





## ***Bilaga I***

### ***Påståenden Studie 2***

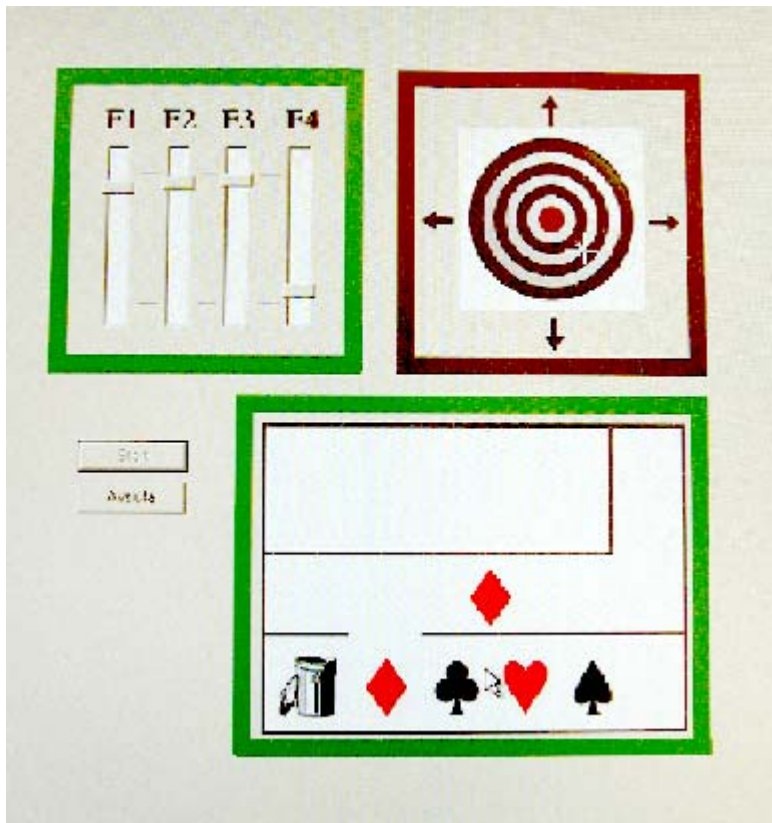
A följer B	BA	sant
B föregås inte av A	AB	falskt
A föregås av B	AB	falskt
B följer inte A	BA	sant
B föregås av A	AB	sant
A följer A	AB	falskt
A föregås inte av B	BA	falskt
B följer inte C	BC	sant
C föregås inte av A	CA	sant
A följer inte B	AB	sant
C föregås inte av A	AC	falskt
C föregås inte av B	BC	falskt



## Bilaga J

### MATB (Multi Attribute Task Battery)

Datorskärmen är indelad i tre rutor. se figur j.1. Varje ruta har en uppgift som försökspersonen ska sköta. Programmet varnar då något moment är utanför sitt tillåtna utrymme genom att rutans ram börjar blinka.



**Figur j.1** MATB-uppgiften i studie 3. Moment 2 (pricktavlan) är utanför sitt tillåtna område vilket märks genom att dess ram blinkar grön-rött.

Moment 1 är i övre vänstra rutan. Där ska försökspersonen hålla de fyra mätarna inom det tillåtna området genom att använda tangenterna F1-F4 för motsvarande mätare. Då en mätare hamnat utanför området ska motsvarande tangent tryckas ned för att få tillbaka mätaren i rätt läge. Om försökspersonen trycker på en tangent utan att motsvarande mätare befinner sig utanför tillåtet område börjar ramen att blinka och indikera att han/hon gjort fel.

Moment 2 finns i övre högra rutan. Försökspersonen ska se till att siktet inte hamnar utanför den röda pricken i mitten av måltavlan. Siktet styrs med piltangenterna.

I den undre rutan är moment 3 där rätt figur ska hamna i rätt fack. Figurer kommer glidande uppifrån och sedan längs med "gången". Rätt fack öppnas med hjälp av ett musklick på respektive figur.



## Bilaga K

Data file: C:/JazzManager™/fp1\_studie11.JAZZ™

Sampling frequency:

1000

number	start_sample	end_sample	start [t]	end [t]	duration [ms]	fixation [ms]	amplitude	velocity_peak	velocity_avg	slope
1	177	226	00:00:00.177	00:00:00.226	49	177	386	144	76.46	5.07143
2	3410	3461	00:00:03.410	00:00:03.461	51	3184	-685	208	130.5	8.68182
3	6432	6489	00:00:06.432	00:00:06.489	57	2971	722	220	123.879	8.26923
4	9455	9519	00:00:09.455	00:00:09.519	64	2966	-732	193	112.169	8.30435
5	12214	12282	00:00:12.214	00:00:12.282	68	2695	764	196	110.072	7.53846
6	14983	15044	00:00:14.983	00:00:15.044	61	2701	-704	192	113.258	9.55
7	18215	18274	00:00:18.215	00:00:18.274	59	3171	703	190	116.417	8.21739
8	20690	20752	00:00:20.690	00:00:20.752	62	2416	-701	200	110.778	7.38462
9	23944	24014	00:00:23.944	00:00:24.014	70	3192	728	203	102.014	7
10	27232	27290	00:00:27.232	00:00:27.290	58	3218	-665	198	112.305	8.56522
11	30390	30455	00:00:30.390	00:00:30.455	65	3100	717	196	107.939	7.84
12	32894	32949	00:00:32.894	00:00:32.949	55	2439	-681	195	121.589	9.94444
13	35784	35846	00:00:35.784	00:00:35.846	62	2835	668	193	105.317	8.04167
14	39145	39200	00:00:39.145	00:00:39.200	55	3299	-664	194	117.857	13.5
15	42397	42457	00:00:42.397	00:00:42.457	60	3197	715	195	116.574	9.25
16	45232	45291	00:00:45.232	00:00:45.291	59	2775	-668	198	111.033	9.8
17	48636	48701	00:00:48.636	00:00:48.701	65	3345	683	194	102.894	8.43478
18	51963	52028	00:00:51.963	00:00:52.028	65	3262	-710	190	107.394	8.71429
19	54507	54567	00:00:54.507	00:00:54.567	60	2479	675	193	109.967	8.80952
20	57930	57992	00:00:57.930	00:00:57.992	62	3363	-684	187	107.81	11.25
21	60765	60852	00:01:00.765	00:01:00.852	87	2773	1183	235	133.761	9.13043
22	60957	60981	00:01:00.957	00:01:00.981	24	105	82	54	30.76	3.85714
23	63755	63865	00:01:03.755	00:01:03.865	110	2774	-1567	274	140.982	6.92308
24	66988	67098	00:01:06.988	00:01:07.098	110	3123	1615	251	145.261	7.57692
25	69486	69599	00:01:09.486	00:01:09.599	113	2388	-1582	266	138.737	7.05405
26	72598	72723	00:01:12.598	00:01:12.723	125	2999	1570	208	124.548	7.66667
27	75518	75626	00:01:15.518	00:01:15.626	108	2795	-1583	274	144.862	7.51429
28	78290	78414	00:01:18.290	00:01:18.414	124	2664	1600	240	127.704	7.96
29	81384	81518	00:01:21.384	00:01:21.518	134	2970	-1526	244	113.133	6.025
30	84538	84666	00:01:24.538	00:01:24.666	128	3020	1631	203	126.256	7.65385
31	85823	85880	00:01:25.823	00:01:25.880	57	1157	179	62	30.2069	2.80952
32	87218	87331	00:01:27.218	00:01:27.331	113	1338	-1604	274	140.316	7.37838
33	89981	90117	00:01:29.981	00:01:30.117	136	2650	1572	211	114.686	6.54839
34	93285	93396	00:01:33.285	00:01:33.396	111	3168	-1558	267	138.58	6.84211
35	96587	96716	00:01:36.587	00:01:36.716	129	3191	1598	227	122.785	7.13333
36	99689	99797	00:01:39.689	00:01:39.797	108	2973	-1540	276	140.982	8.05882
37	103081	103192	00:01:43.081	00:01:43.192	111	3284	1575	244	140.473	7.88462
38	106459	106578	00:01:46.459	00:01:46.578	119	3267	-1569	265	130.633	6.84211
39	109210	109331	00:01:49.210	00:01:49.331	121	2632	1623	244	132.713	8.57692
40	112366	112504	00:01:52.366	00:01:52.504	138	3035	-1557	263	111.878	7.05405
41	115785	115915	00:01:55.785	00:01:55.915	130	3281	1562	243	119.046	7.61538
42	118500	118616	00:01:58.500	00:01:58.616	116	2585	-1566	287	133.436	7.17949
43	121496	121571	00:02:01.496	00:02:01.571	75	2880	905	225	118.421	8.53846
44	121736	121769	00:02:01.736	00:02:01.769	33	165	-215	115	62.5	5.57895



## **Bilaga L**

### **Point difference for speed**

”Point difference for speed” är den hastighetströskel som uttrycks i interna enheter, där den omedelbara förändringen av ögonhastighet inte längre anses som signalbrus utan början på en sackad. Det är det antal datasampel som bör användas för att beräkna hastighetssignalen från positionssignalen genom att använda två-punkt-centrala differens-algoritmen. Till exempel betyder 5 ”point difference” (default-värdet) att för sampel-nummer  $N$  är hastigheten beräknad genom att använda skillnaden mellan  $N+5$  och  $N-5$  samplen ( $\text{hastighet}[N] = \text{position}[N+5] - \text{position}[N-5]$ ). Kriteriet används endast till förval av så kallade kandidater till sackader. Som nästa steg i sackaddetektion används *complex multistep algorithm* för att verifiera kandidater och hitta de ”riktiga” sackaderna.

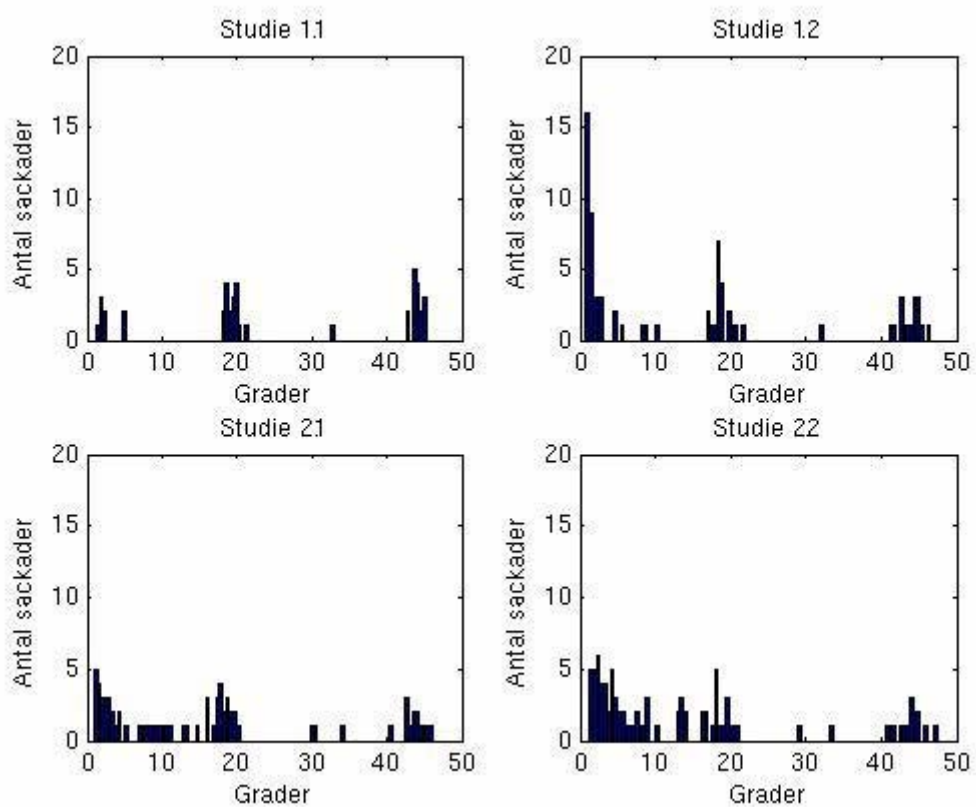
Den här parametern har ingen direkt influens på att detektera sackader men om man använder större värden blir hastighetssignalen mer jämn, det blir en starkare filtrering och mindre sackader och artefakter tas bort. I laboratoriet i Polen används mest värden mellan 3 och 10 (3, 5, 7 och 10). (Dylak. 2005, Ober. 2005)





## Bilaga M

Histogram över en försökspersons antal sackader i studie 1 och 2.





## Bilaga N

Data file: C:/JazzManager™  
/STUDIE1/FP1/fp1\_studie11.JAZZ™

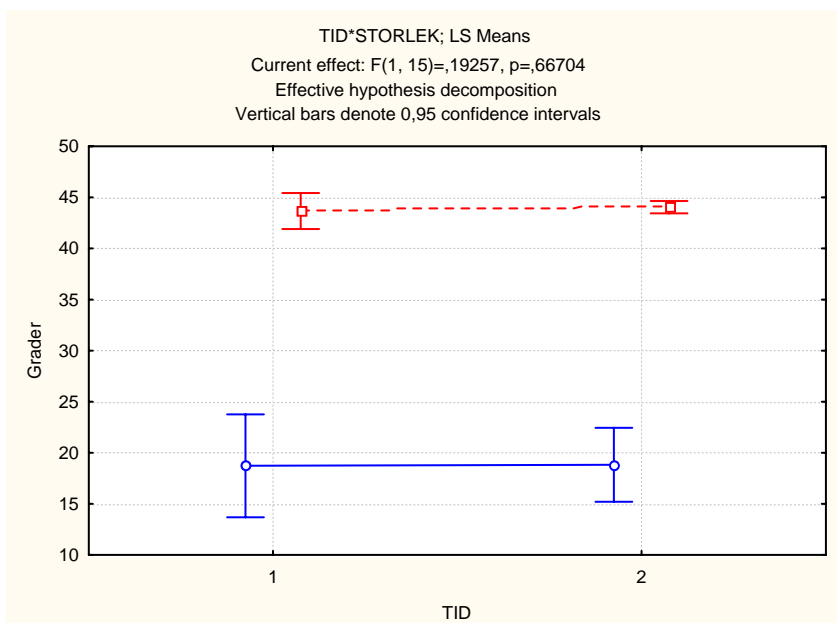
Sampling frequency: 1000

number	start_sample	end_sample	start [t]	end [t]	duration [ms]	fixation [ms]	amplitude [deg]	velocity_peak [deg/s]	velocity_avg [deg/s]	slope
4	9455	9519	00:00:09.455	00:00:09.519	64	2966	-20.359	268.394	155.988	8.30435
5	12214	12282	00:00:12.214	00:00:12.282	68	2695	21.249	272.566	153.072	7.53846
6	14983	15044	00:00:14.983	00:00:15.044	61	2701	-19.58028	267.004	157.502	9.55
7	18215	18274	00:00:18.215	00:00:18.274	59	3171	19.55246	264.223	161.894	8.21739
8	20690	20752	00:00:20.690	00:00:20.752	62	2416	-19.49684	278.129	154.053	7.38462
9	23944	24014	00:00:23.944	00:00:24.014	70	3192	20.2478	282.301	141.865	7
10	27232	27290	00:00:27.232	00:00:27.290	58	3218	-18.49558	275.348	156.176	8.56522
11	30390	30455	00:00:30.390	00:00:30.455	65	3100	19.94184	272.566	150.105	7.84
12	32894	32949	00:00:32.894	00:00:32.949	55	2439	-18.94058	271.176	169.088	9.94444
13	35784	35846	00:00:35.784	00:00:35.846	62	2835	18.57902	268.394	146.459	8.04167
14	39145	39200	00:00:39.145	00:00:39.200	55	3299	-18.46776	269.785	163.897	13.5
15	42397	42457	00:00:42.397	00:00:42.457	60	3197	19.88622	271.176	162.113	9.25
16	45232	45291	00:00:45.232	00:00:45.291	59	2775	-18.57902	275.348	154.408	9.8
17	48636	48701	00:00:48.636	00:00:48.701	65	3345	18.9962	269.785	143.089	8.43478
18	51963	52028	00:00:51.963	00:00:52.028	65	3262	-19.74716	264.223	149.347	8.71429
19	54507	54567	00:00:54.507	00:00:54.567	60	2479	18.7737	268.394	152.925	8.80952
20	57930	57992	00:00:57.930	00:00:57.992	62	3363	-19.02402	260.051	149.925	11.25
21	60765	60852	00:01:00.765	00:01:00.852	87	2773	32.9026	326.802	186.015	9.13043
22	60957	60981	00:01:00.957	00:01:00.981	24	105	2.28066	75.0948	42.7762	3.85714
23	63755	63865	00:01:03.755	00:01:03.865	110	2774	-43.5828	381.037	196.056	6.92308
24	66988	67098	00:01:06.988	00:01:07.098	110	3123	44.9178	349.052	202.007	7.57692
25	69486	69599	00:01:09.486	00:01:09.599	113	2388	-44	369.912	192.934	7.05405
26	72598	72723	00:01:12.598	00:01:12.723	125	2999	43.6662	289.254	173.201	7.66667
27	75518	75626	00:01:15.518	00:01:15.626	108	2795	-44.0278	381.037	201.452	7.51429
28	78290	78414	00:01:18.290	00:01:18.414	124	2664	44.5006	333.755	177.591	7.96
29	81384	81518	00:01:21.384	00:01:21.518	134	2970	-42.4424	339.317	157.328	6.025
30	84538	84666	00:01:24.538	00:01:24.666	128	3020	45.3628	282.301	175.577	7.65385
31	85823	85880	00:01:25.823	00:01:25.880	57	1157	4.9785	86.22	42.0071	2.80952
32	87218	87331	00:01:27.218	00:01:27.331	113	1338	-44.6118	381.037	195.129	7.37838
33	89981	90117	00:01:29.981	00:01:30.117	136	2650	43.7218	293.426	159.488	6.54839
34	93285	93396	00:01:33.285	00:01:33.396	111	3168	-43.3324	371.302	192.716	6.84211
35	96587	96716	00:01:36.587	00:01:36.716	129	3191	44.445	315.676	170.75	7.13333
36	99689	99797	00:01:39.689	00:01:39.797	108	2973	-42.8318	383.818	196.055	8.05882
37	103081	103192	00:01:43.081	00:01:43.192	111	3284	43.8054	339.317	195.348	7.88462
38	106459	106578	00:01:46.459	00:01:46.578	119	3267	-43.6384	368.521	181.665	6.84211
39	109210	109331	00:01:49.210	00:01:49.331	121	2632	45.1404	339.317	184.557	8.57692

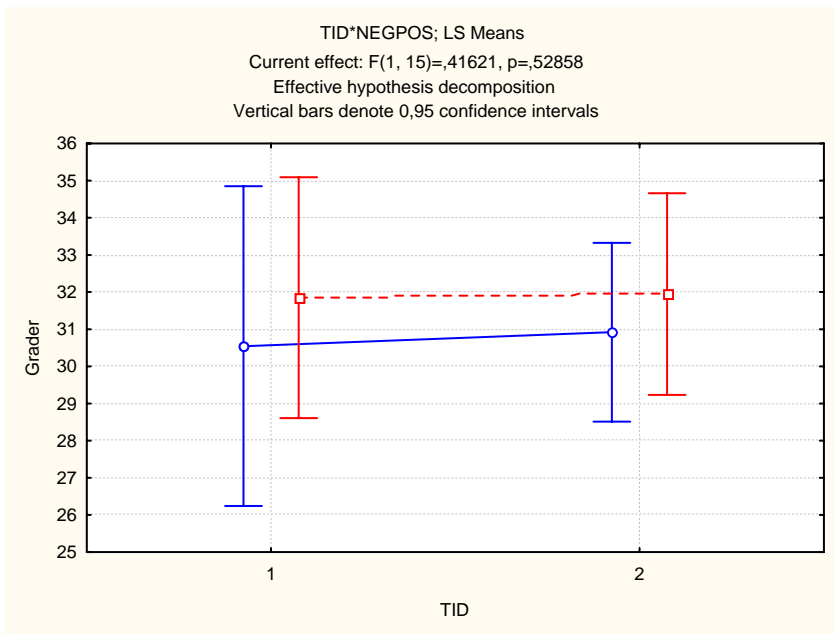


## Bilaga O

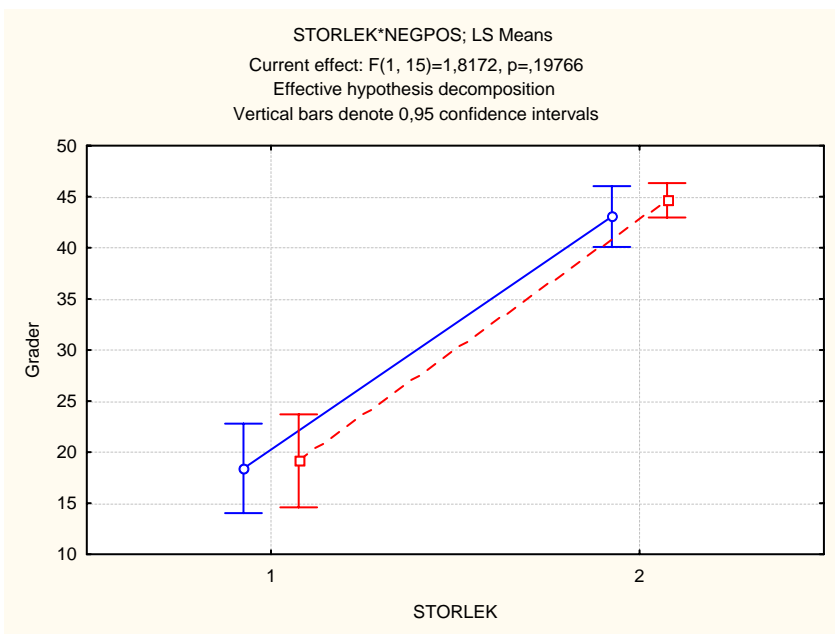
STUDIE 1					
	SS	Degr, of	MS	F	p
Intercept	627603,5	1	627603,5	10021,99	0,000000
Error	939,3	15	62,6		
TID	9,0	1	9,0	0,40	0,538743
Error	339,9	15	22,7		
STORLEK	100655,9	1	100655,9	2144,94	0,000000
Error	703,9	15	46,9		
NEGPOS	217,7	1	217,7	3,89	0,067224
Error	839,0	15	55,9		
TID*STORLEK	3,0	1	3,0	0,19	0,667039
Error	232,4	15	15,5		
TID*NEGPOS	3,1	1	3,1	0,42	0,528579
Error	111,3	15	7,4		
STORLEK*NEGPOS	29,3	1	29,3	1,82	0,197656
Error	242,1	15	16,1		
TID*STORLEK*NEGPOS	12,4	1	12,4	1,91	0,186815
Error	97,1	15	6,5		



1 = delstudie 1, 2 = delstudie 2. Heldragen linje = små, streckad linje = stora

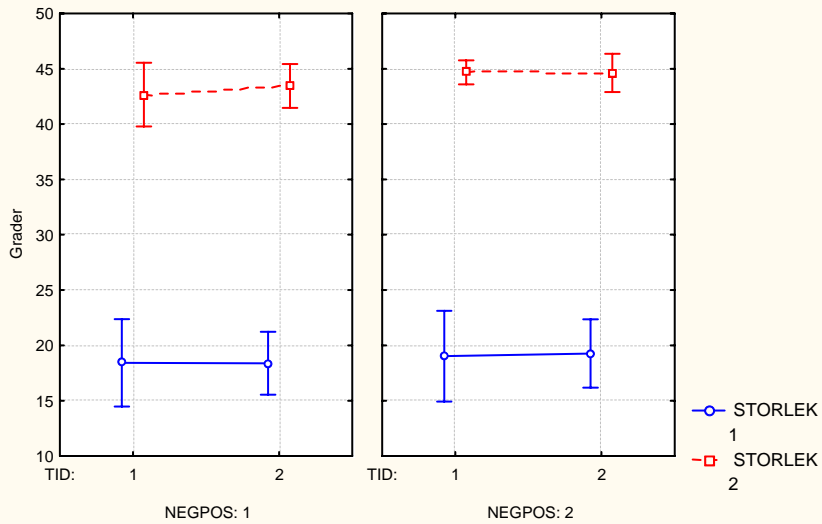


1 = delstudie 1, 2 = delstudie 2. Heldragen linje = negativa, streckad linje = positiva



1 = små sackader, 2 = stora sackader. Heldragen linje = negativa, streckad linje = positiva

TID\*STORLEK\*NEGPOS; LS Means  
Current effect:  $F(1, 15)=1,9135, p=,18681$   
Effective hypothesis decomposition  
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals



1 = delstudie1, 2 = delstudie 2. Heldragen linje = små sackader, streckad linje = stora sackader,  
NEGPOS:1 = negativa, NEGPOS:2 = positiva





## Bilaga P

Enkät 1 och svar (Svaren är desamma för delstudierna 1.1 och 1.2 på frågorna 1-9, om det finns någon skillnad redogörs dem)

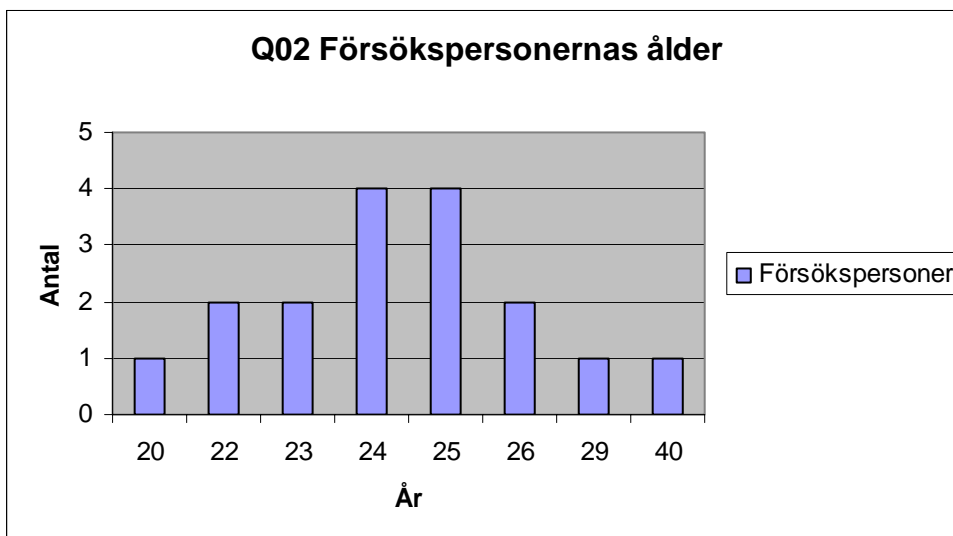
*eQuestionnaire kräver att den svarande skriver något på varje fråga, därav uppmaningen på frågorna 4 och 7. På fråga 19 fick de skriva "nej", "inget" eller liknande om de inte hade något att tillägga. På den frågan redovisas samtliga svar som inte var "nej" etc.*

### Frågor

- Q01 Jag är
- Q02 Hur gammal är du?
- Q03 Har du nedsatt syn?
- Q04 Om ja, ange vilket synfel du har. Om nej, skriv "0".
- Q05 Använde du glasögon under försöket?
- Q06 Har du tagit någon form av medicin inom de närmaste 24 timmarna?
- Q07 Om ja, ange vilken medicin det var. Om nej, skriv "ingen".
- Q08 För hur många timmar sedan tog du medicinen?
- Q09 Nu följer ett antal frågor som behandlar din upplevelse av JAZZ™-utrustningen
- Q10 Märkte du av att du hade JAZZ™-utrustningen på dig?
- Q11 Påverkades ditt synfält av utrustningen?
- Q12 Påverkades din fokusering på pricken under försökets gång av utrustningen?
- Q13 Blev du trött i ögonen under försöket?
- Q14 Kände du någon irritation i ögonen?
- Q15 Upplevde du illamående under försöket?
- Q16 Upplevde du någon yrsel under försöket (t ex yr i huvudet)?
- Q17 Upplevde du någon huvudvärk under försöket?
- Q18 Tyckte du att utrustningen kliade under försöket?
- Q19 Är det något du vill tillägga angående din upplevelse av användandet av JAZZ™-utrustningen?
- Q20 Tack för din medverkan!

### Svar

Q01: 13 st män, 4 st kvinnor.



Q03: 10 st hade nedsatt syn.

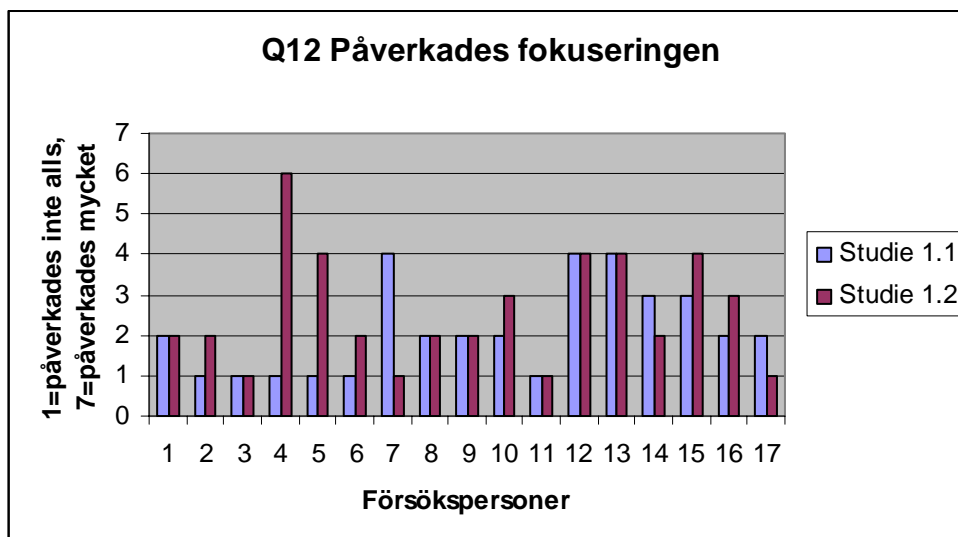
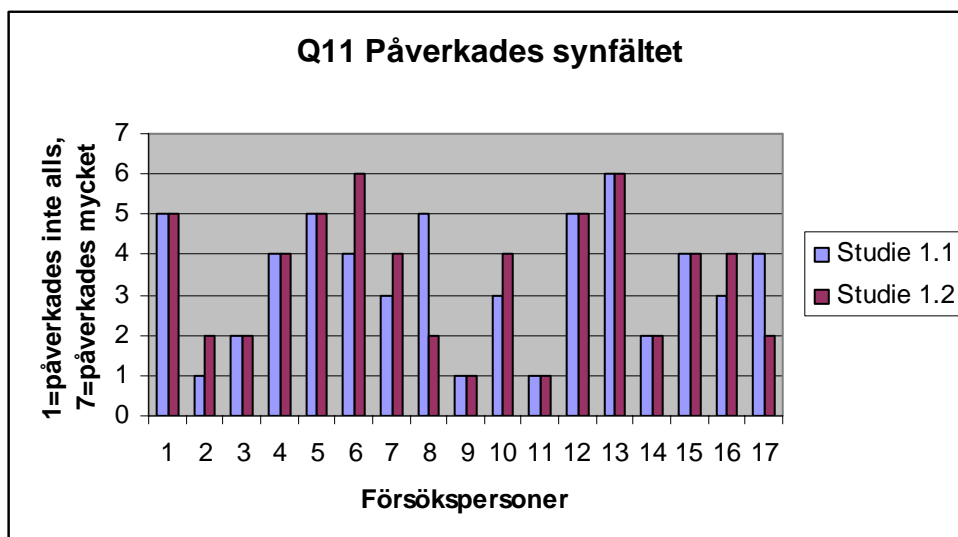
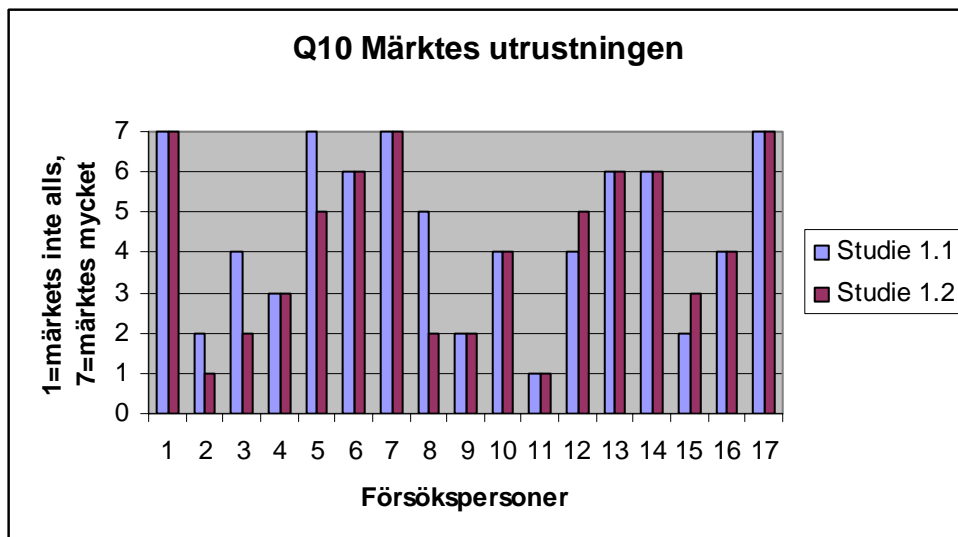
Q04: Ingen aning, men ser suddigare på vänster öga i testet. *Närsynt.* närsynt -1.75 samt brytningsfel. *närsynt och brytningsfel.* översynt. *närsynt.* Närsynt, brytningsfel. *översynt på vänster öga.* jag har 0.6 resp 0.8 kommer ej ihåg på vilket öga

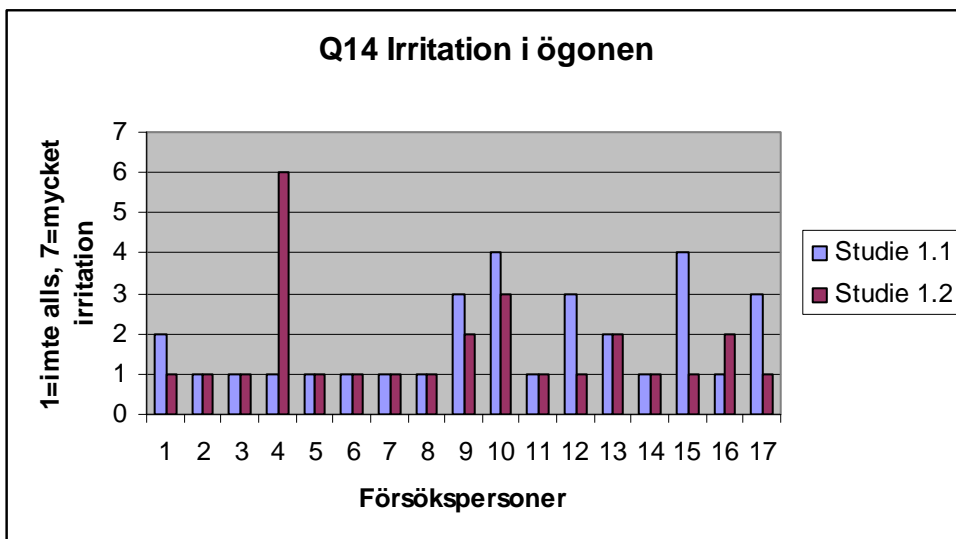
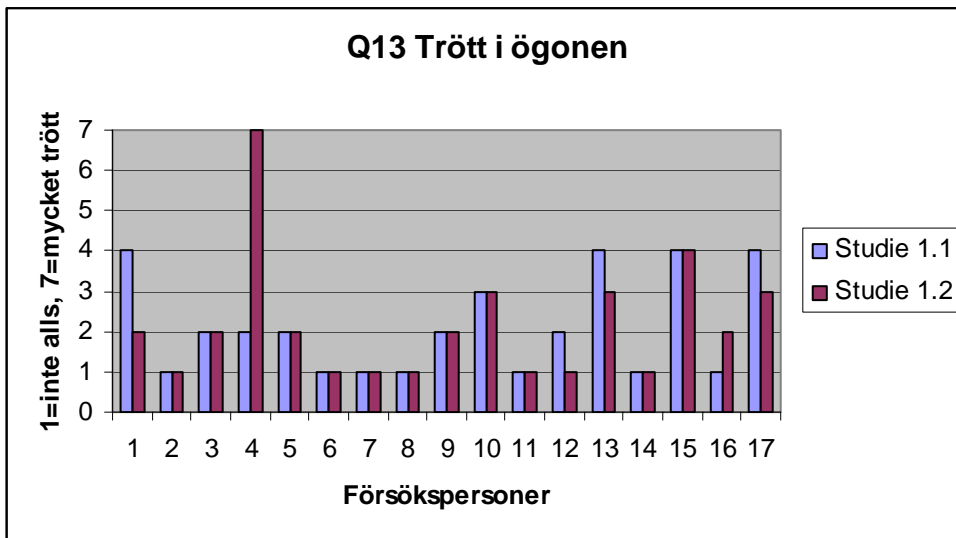
Q05: Ingen använde glasögon under försöken.

Q06: 1 person hade tagit medicin i båda försöken.

Q07: Tenoromin i båda försöken.

Q08: Studie 1.1: 4-7 timmar sedan Studie 1.2: 8-24 timmar sedan

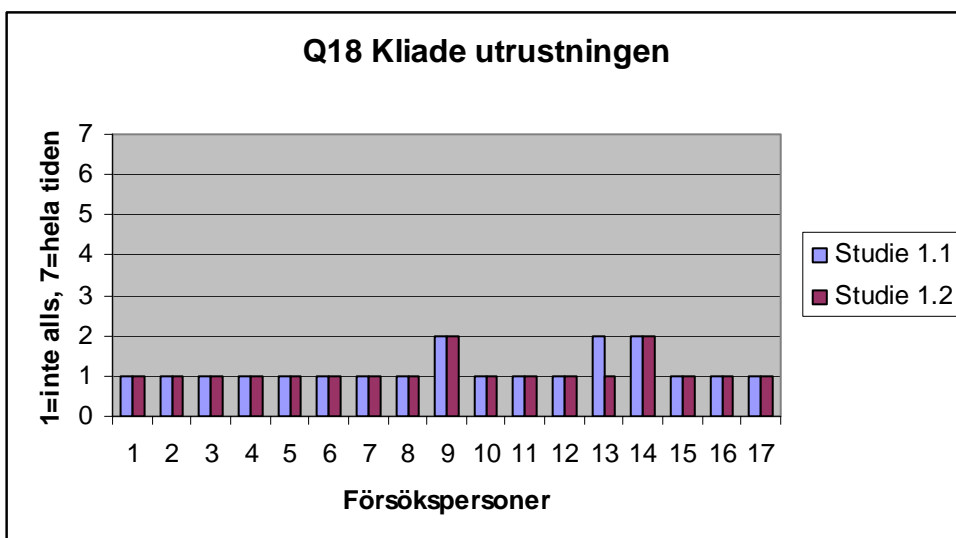




Q15: 1 person kände illamående (2 på skalan) i studie 1.2.

Q16: 1 person upplevde yrsel (2 på skalan) i studie 1.2.

Q17: 1 person i studie 1.1 och 2 personer i studie 1.2 upplevde huvudvärk (2 på skalan i samtliga fall).

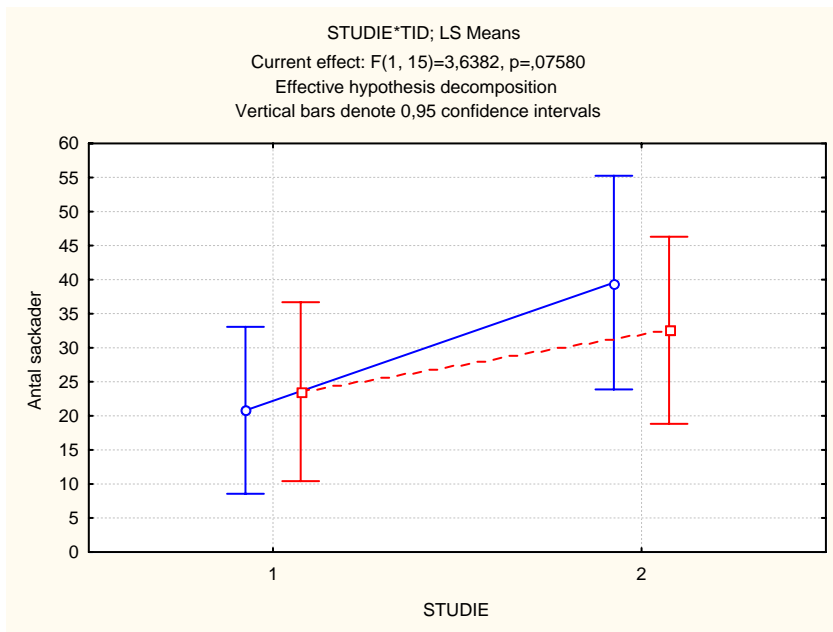


Q19: "Vore väl kul att testa en i två led så slipper försöket har ett så förutsägbart förlopp ;)", "jag flyttade blicken innan pricken hade flyttat sig, ibland" (Studie 1.1)

"Snäppet mer slumpvisa platsbyten skulle kunna vara kul ;)", "Utrustningen var lite ivägen när punkten rörde sig långt ut åt sdorna." (Studie 1.2)

## Bilaga Q

STUDIE 2					
	SS	Degr, of	MS	F	p
Intercept	54289,00	1	54289,00	28,31780	0,000085
Error	28757,00	15	1917,13		
STUDIE	3080,25	1	3080,25	8,52035	0,010580
Error	5422,75	15	361,52		
TID	72,25	1	72,25	0,25400	0,621595
Error	4266,75	15	284,45		
STUDIE*TID	380,25	1	380,25	3,63818	0,075803
Error	1567,75	15	104,52		



1 = studie 1, 2 = studie 2. Helt dragen linje = första delstudien (1.1 och 2.1) Streckad linje = andra delstudien (1.2 och 2.2)



## **Bilaga R**

**Enkät 2 och svar (svaren är desamma för delstudierna 2.1 och 2.2 på frågorna 1-9, om det finns någon skillnad redogörs dem).**

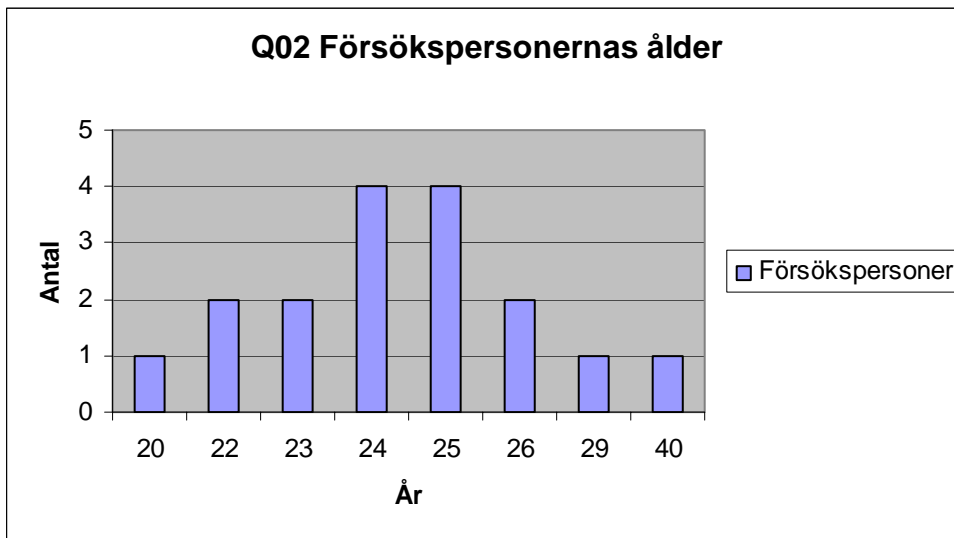
*eQuestionnaire kräver att den svarande skriver något på varje fråga, därav uppmaningen på frågorna 4, 7 och 29. På frågorna 19 och 29 fick de skriva "nej", "inget" eller liknande om de inte hade något att tillägga. På de frågorna redovisas samtliga svar som inte var "nej" etc.*

### **Frågor**

- Q01 Jag är
- Q02 Hur gammal är du?
- Q03 Har du nedsatt syn?
- Q04 Om ja, ange vilket synfel du har. Om nej, skriv "0".
- Q05 Använde du glasögon under försöket?
- Q06 Har du tagit någon form av medicin inom de närmaste 24 timmarna?
- Q07 Om ja, ange vilken medicin det var. Om nej, skriv "ingen".
- Q08 För hur många timmar sedan tog du medicinen?
- Q09 Nu följer ett antal frågor som behandlar din upplevelse av JAZZ™-utrustningen
- Q10 Märkte du av att du hade JAZZ™-utrustningen på dig?
- Q11 Påverkades ditt synfält av utrustningen?
- Q12 Påverkades din fokusering på pricken under försökets gång av utrustningen?
- Q13 Blev du trött i ögonen under försöket?
- Q14 Kände du någon irritation i ögonen?
- Q15 Upplevde du illamående under försöket?
- Q16 Upplevde du någon yrsel under försöket (t ex yr i huvudet)?
- Q17 Upplevde du någon huvudvärk under försöket?
- Q18 Tyckte du att utrustningen kliade under försöket?
- Q19 Är det något du vill tillägga angående din upplevelse av användandet av JAZZ™-utrustningen?
- Q20 Nu följer ett antal frågor som behandlar din upplevelse av mental arbetsbelastning
- Q21 Upplevde du försöket som ansträngande?
- Q22 Tyckte du att det var lätt att följa pricken?
- Q23 Upplevde du försöket som mentalt krävande (behövde du tänka länge innan du svarade på de upplästa påståendena)?
- Q24 Upplevde du en känsla av stress?
- Q25 Hur skulle du själv bedömma din prestation?
- Q26 Var det lätt att förstå uppgiften?
- Q27 Var det svårt att höra påståendena?
- Q28 Om du svarat 4 eller högre på föregående fråga, varför var det svårt att höra? Om du svarat lägre än 4, skriv "Nej".
- Q29 Är det något du vill tillägga angående din upplevelse av mental arbetsbelastning?
- Q30 Tack för din medverkan!

### **Svar**

Q01: 13 st män, 4 st kvinnor.



Q03: 10 st hade nedsatt syn.

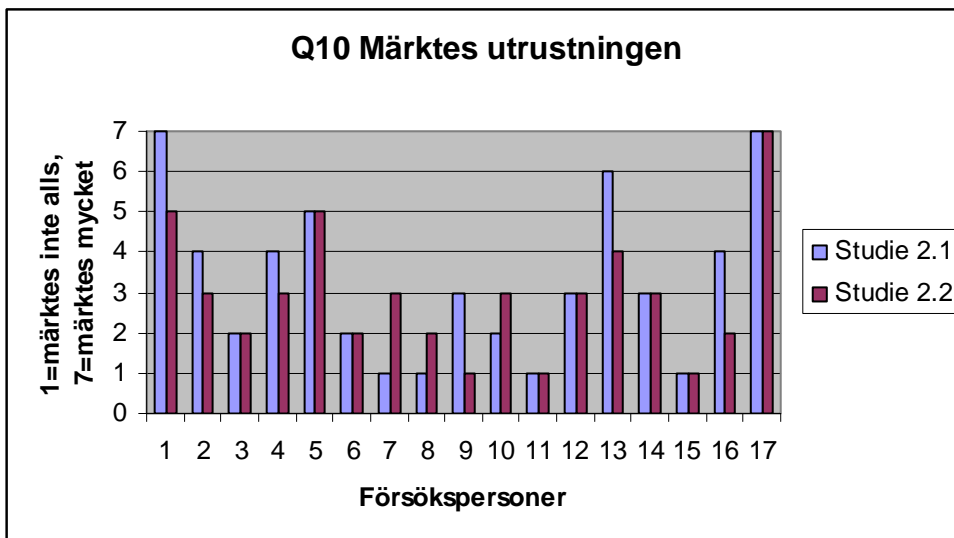
Q04: Ingen aning, men ser suddigare på vänster öga i testet. *Närsynt.* närsynt -1.75 samt brytningsfel. *närsynt och brytningsfel.* översynt. *närsynt.* Närsynt, brytningsfel. *översynt på vänster öga.* jag har 0.6 resp 0.8 kommer ej ihåg på vilket öga

Q05: Ingen använde glasögon under försöken.

Q06: 1 person hade tagit medicin.

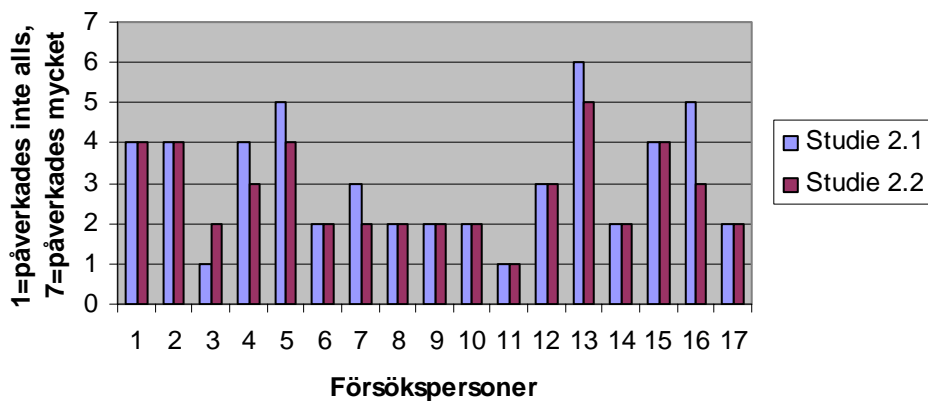
Q07: Tenoromin och Ipren i båda försöken.

Q08: Studie 2.1: 4-7 timmar sedan Studie 2.2: 8-24 timmar sedan

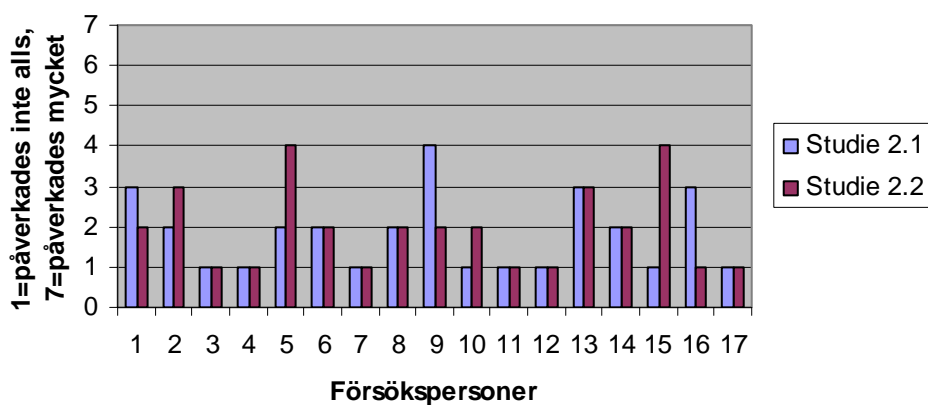




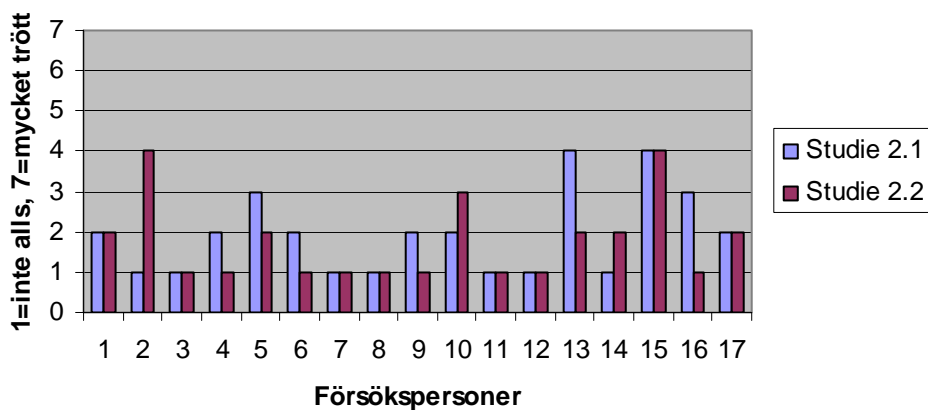
### Q11 Påverkades synfältet

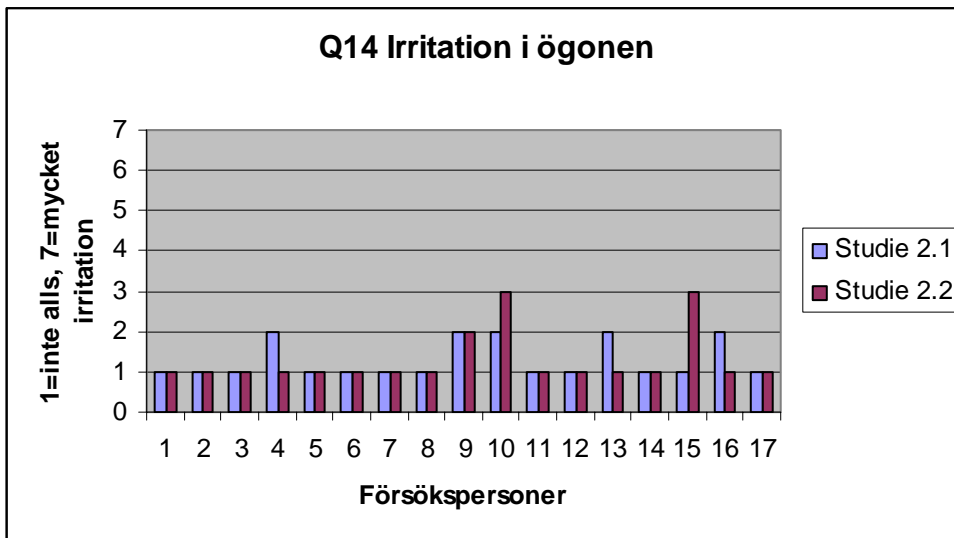


### Q12 Påverkades fokuseringen



### Q13 Trött i ögonen

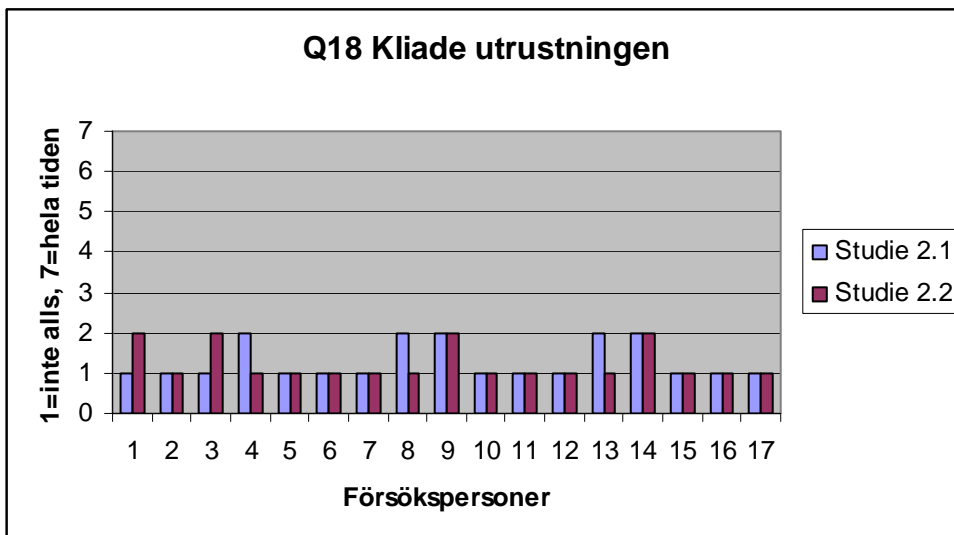




Q15: 1 person kände illamående i studie 2.1 (2 på skalan).

Q16: 1 person kände av yrsel i studie 2.1 (2 på skalan).

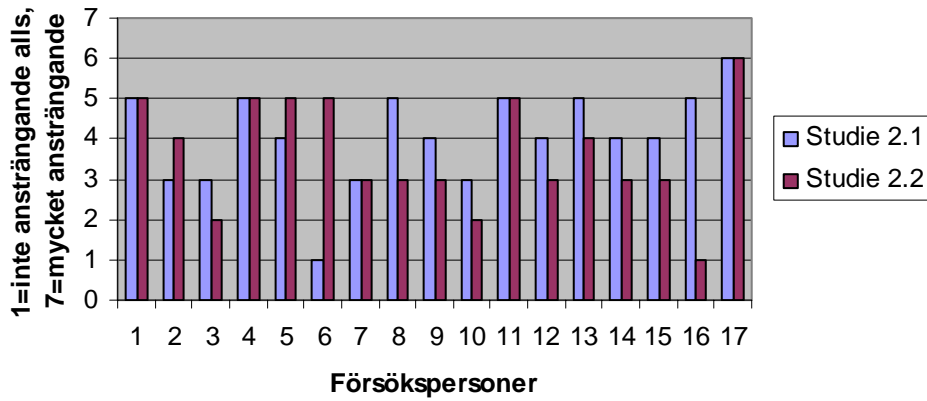
Q17: 1 person kände av illamående i studie 2.2 (2 på skalan).



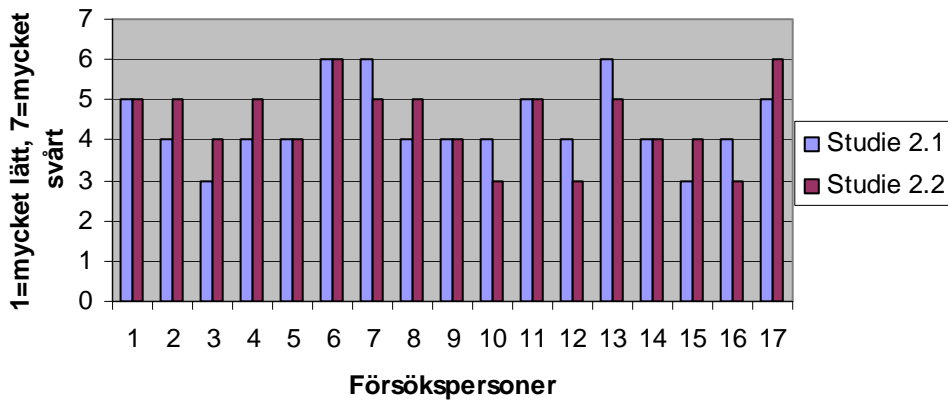
Q19: "Märktes mindre än första gången", "Med huvudställningen kändes det verkligen som ett experiment." (Studie 2.1)

"Den kommer nog fungera utmärkt så länge det inte är en kiselplatta mot pannan i den slutgiltiga versionen." (Studie 2.2)

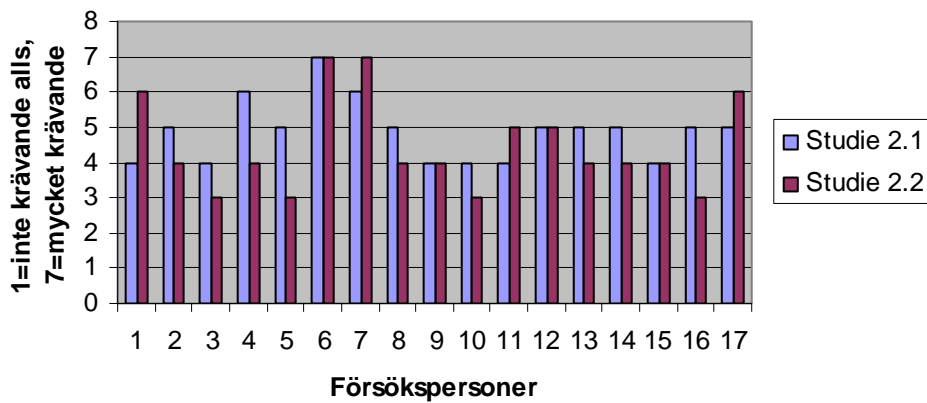
### Q21 Ansträngande



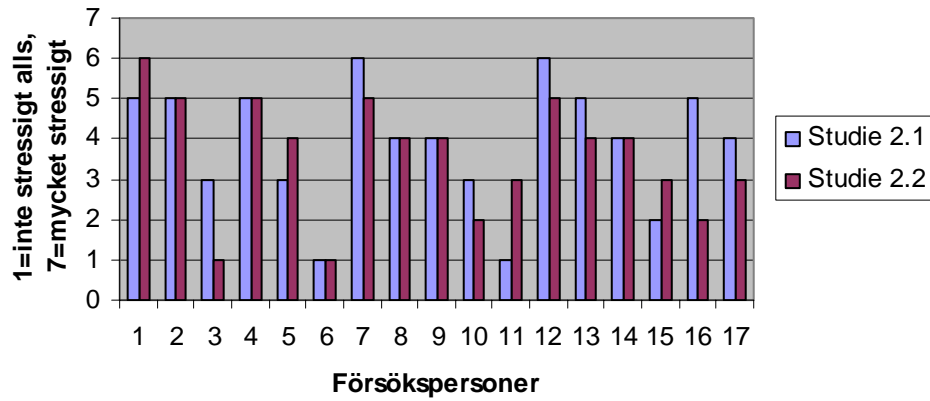
### Q22 Lätt att följa pricken



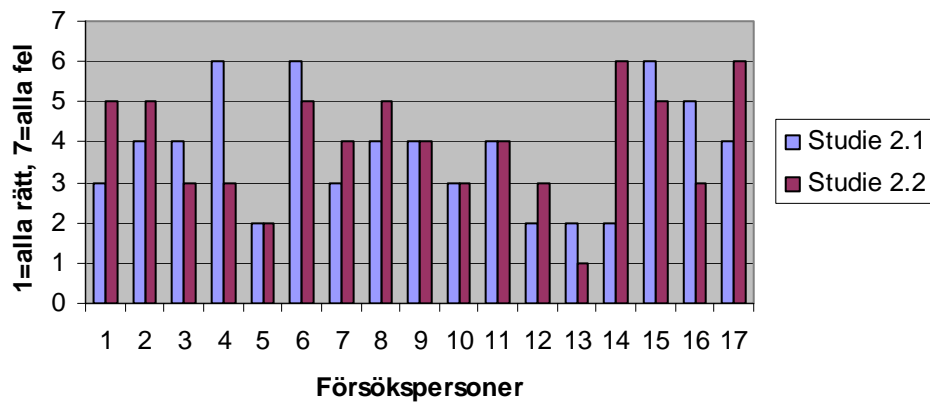
### Q23 Mentalt krävande



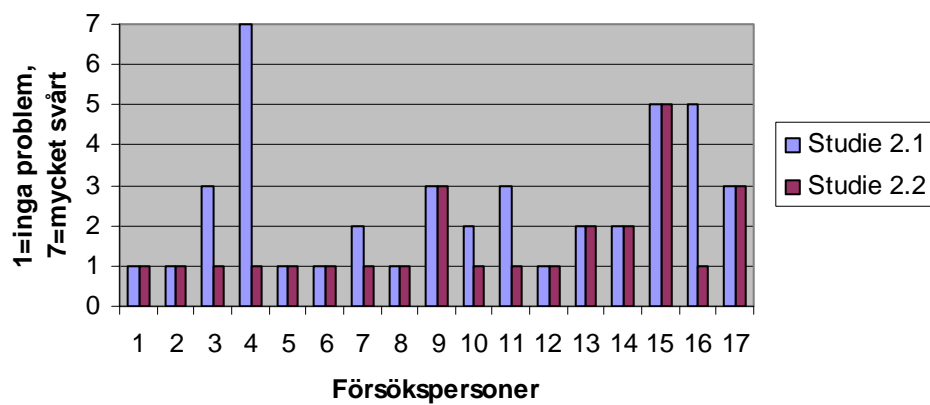
### Q24 Stressigt



### Q25 Egen prestation



### Q26 Lätt att förstå uppgiften



Q27: Ingen tyckte att det var alltför svårt att höra påståendena (ingen skrev 4 eller högre).

Q29: "Gillar inte dubbla negationer, men det är ju det som ger belastningen.", "svårare att följa punkten då den flyttades med kort distans, kändes mer stressande." (Studie 2.1)

"det är lätt hänt att man (tyvärr) fokuserar mer på frågorna än på att hålla blicken på punkten",

"Det var svårt att i förväg tänka ut ett svar som skulle ge ett bestämt utslag eftersom man tänker om helt när påståendet kommer." (Studie 2.2)



## **Bilaga S**

<b>STUDIE 3</b>					
	SS	Degr, of	MS	F	p
Intercept	140972,5	1	140972,5	96,52261	0,000000
Error	17526,2	12	1460,5		
STUDIE	57778,6	2	28889,3	31,06685	0,000000
Error	22317,8	24	929,9		
TID	3003,3	1	3003,3	3,46131	0,087493
Error	10412,1	12	867,7		
STUDIE*TID	7263,5	2	3631,7	10,24448	0,000607
Error	8508,2	24	354,5		





## **Bilaga T**

**Enkät 3 och svar (svaren är desamma för delstudierna 3.1 och 3.2 på frågorna 1-9, om det finns någon skillnad redogörs dem).**

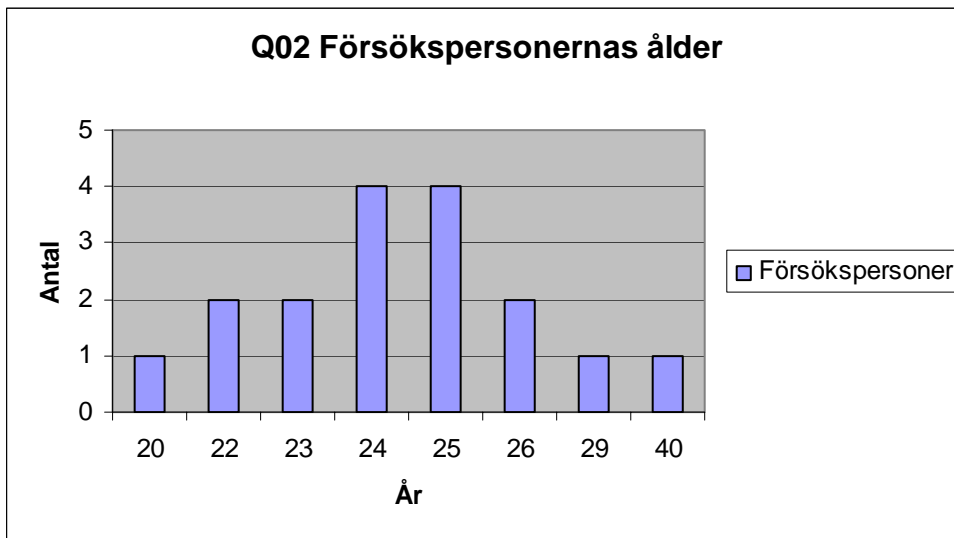
*eQuestionnaire kräver att den svarande skriver något på varje fråga, därav uppmaningen på frågorna 4 och 7. På frågorna 19, 26 och 31 fick de skriva "nej", "inget" eller liknande om de inte hade något att tillägga. På de frågorna redovisas samtliga svar som inte var "nej" etc.*

### **Frågor**

- Q01 Jag är
- Q02 Hur gammal är du?
- Q03 Har du nedsatt syn?
- Q04 Om ja, ange vilket synfel du har. Om nej, skriv "0".
- Q05 Använde du glasögon under försöket?
- Q06 Har du tagit någon form av medicin inom de närmaste 24 timmarna?
- Q07 Om ja, ange vilken medicin det var. Om nej, skriv "ingen".
- Q08 För hur många timmar sedan tog du medicinen?
- Q09 Nu följer ett antal frågor som behandlar din upplevelse av JAZZ™-utrustningen
- Q10 Märkte du av att du hade JAZZ™-utrustningen på dig?
- Q11 Påverkades ditt synfält av utrustningen?
- Q12 Påverkades din fokusering på uppgiften under försökets gång av utrustningen?
- Q13 Blev du trött i ögonen under försöket?
- Q14 Kände du någon irritation i ögonen?
- Q15 Upplevde du illamående under försöket?
- Q16 Upplevde du någon yrsel under försöket (t ex yr i huvudet)?
- Q17 Upplevde du någon huvudvärk under försöket?
- Q18 Tyckte du att utrustningen kliade under försöket?
- Q19 Är det något du vill tillägga angående din upplevelse av användandet av JAZZ™-utrustningen?
- Q20 Nu följer ett antal frågor som behandlar din upplevelse av mental arbetsbelastning
- Q21 Upplevde du försöket som ansträngande?
- Q22 Tyckte du att det var lätt att följa med?
- Q23 Upplevde du försöket som fysiskt krävande? (Blev du andfådd, trött i armen etc)
- Q24 Upplevde du en känsla av stress?
- Q25 Hur skulle du själv bedömma din prestation?
- Q26 Är det något du vill tillägga angående din upplevelse av mental arbetsbelastning?
- Q27 Nu följer ett par frågor som jämför denna studie med studie 2. (Där du följde en prick med blicken samtidigt som du skulle ta ställning till ett antal påståenden.)
- Q28 Vilken av studie 2 och studie 3 var mest ansträngande?
- Q29 Vilken av studie 2 och studie 3 var mest stressig?
- Q30 Vilken av studie 2 och studie 3 tror du att du presterade bäst på?
- Q31 Är det något du vill tillägga angående de båda studierna?
- Q32 Tack för din medverkan!

### **Svar**

Q01: 13 st män, 4 st kvinnor.



Q03: 10 st hade nedsatt syn.

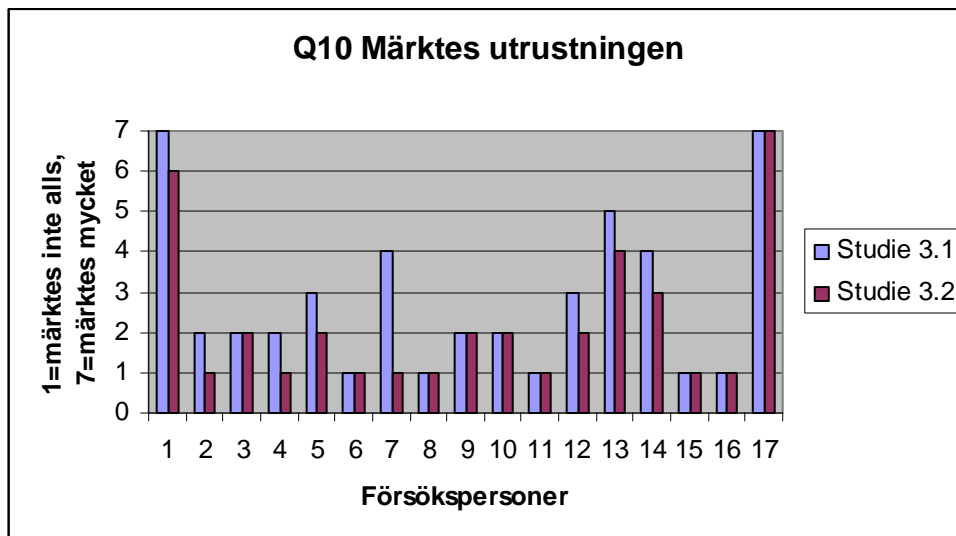
Q04: Ingen aning, men ser suddigare på vänster öga i testet. *Närsynt.* närsynt -1.75 samt brytningsfel. *närsynt och brytningsfel.* översynt. *närsynt.* Närsynt, brytningsfel. *översynt på vänster öga.* jag har 0.6 resp 0.8 kommer ej ihåg på vilket öga

Q05: Ingen använde glasögon under försöken.

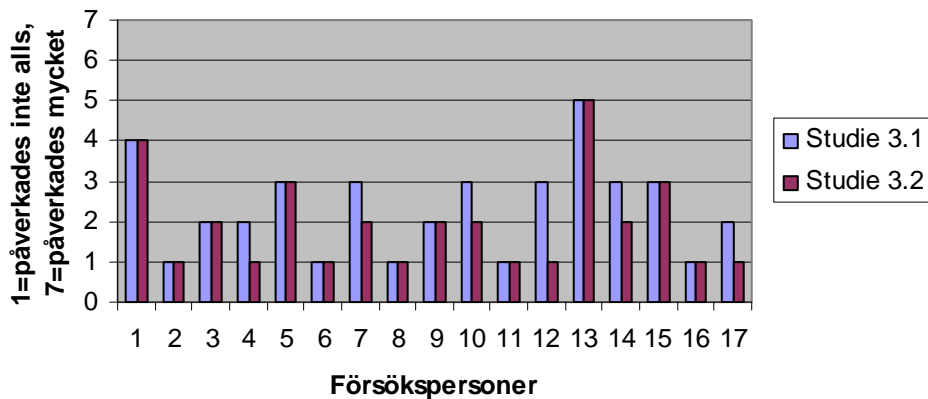
Q06: 2 personer hade tagit medicin i båda delstudierna.

Q07: Tenoromin respektive antibiotica.

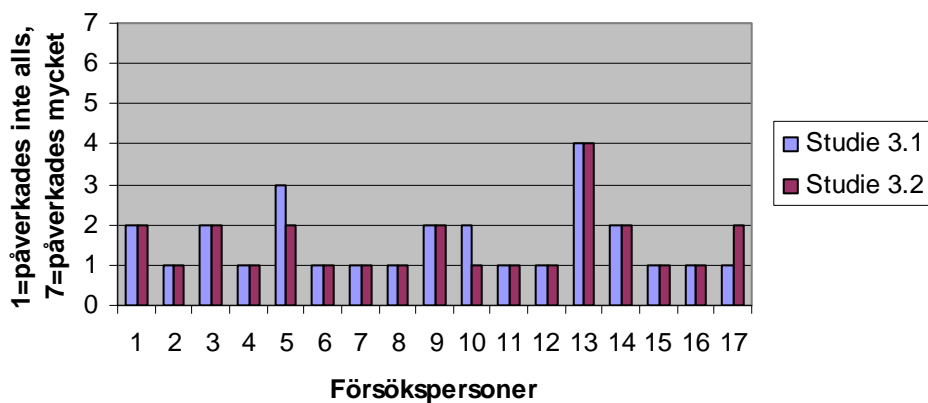
Q08: Antibiotica 4-7 timmar. tenoromin 8-24 timmar. i båda delstudierna.



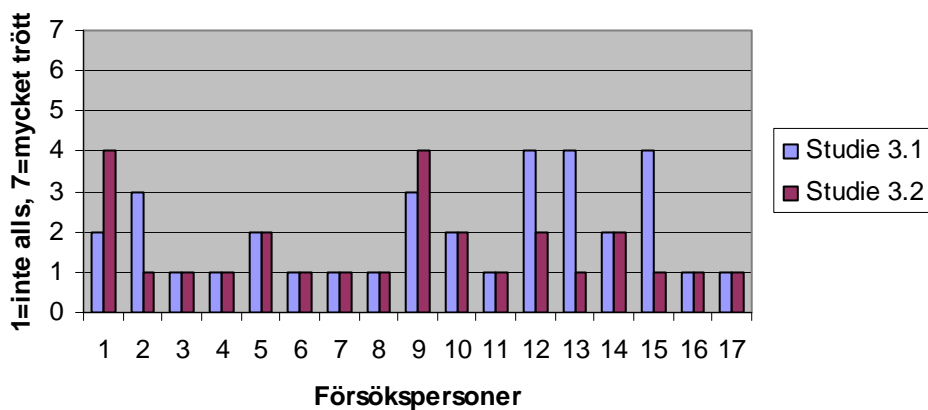
### Q11 Påverkades synfältet

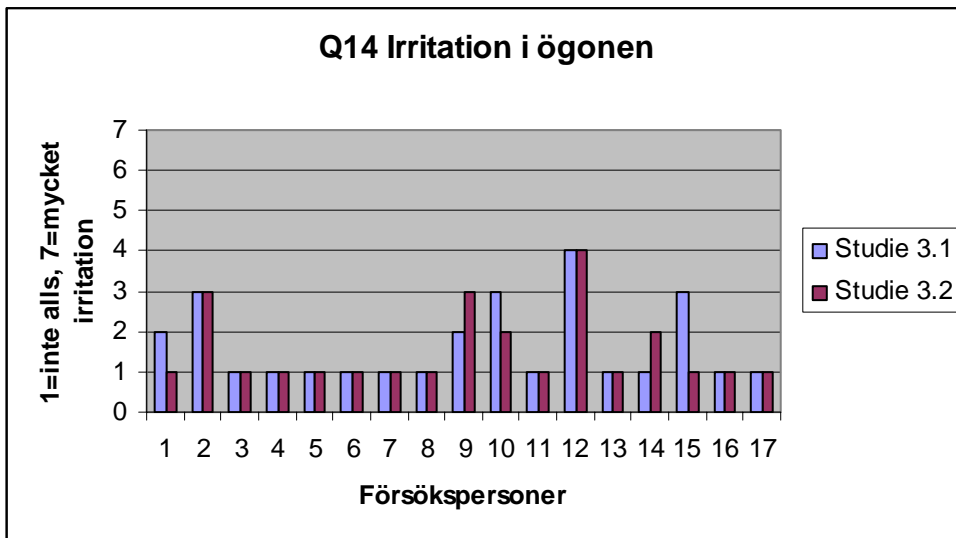


### Q12 Påverkades fokuseringen



### Q13 Trött i ögonen

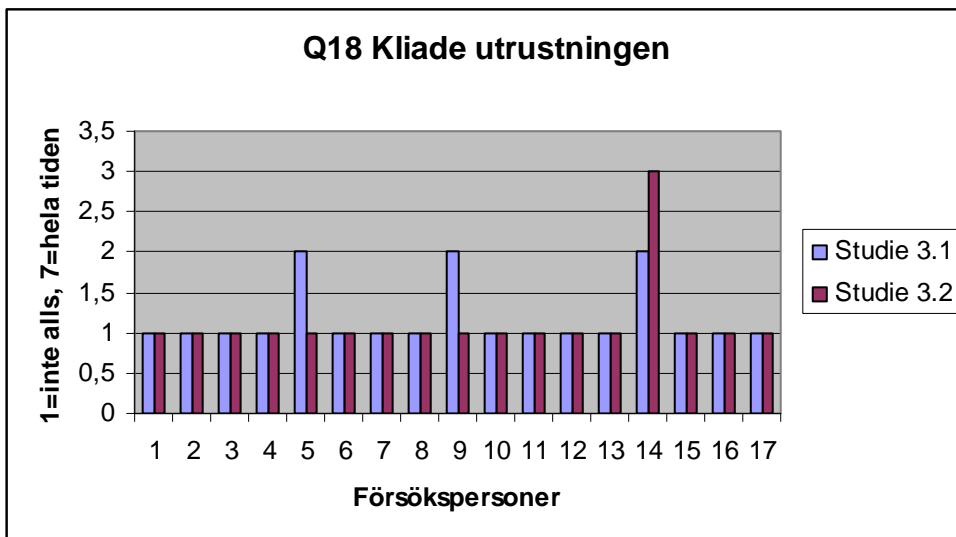




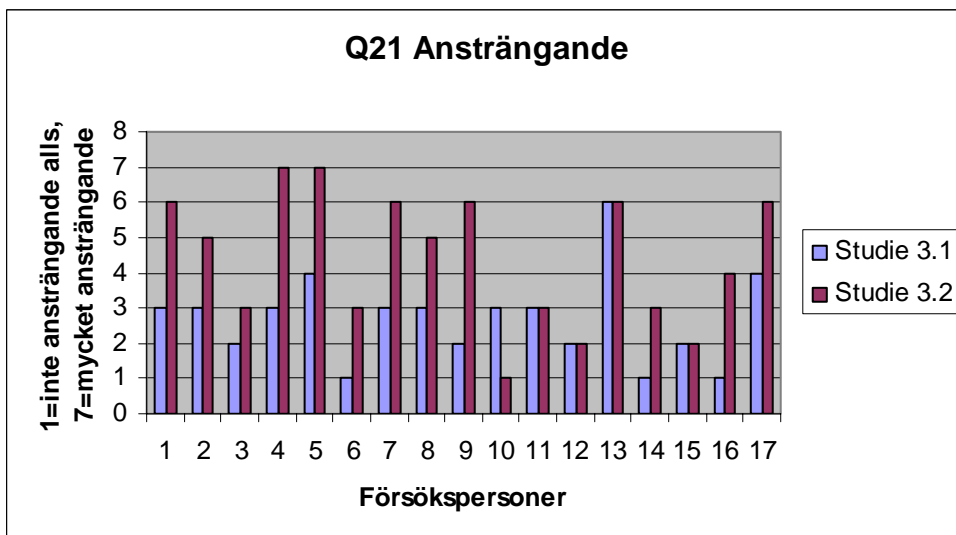
Q15: Ingen kände något illamående under någon av delstudierna.

Q16: Ingen kände någon yrsel under någon av delstudierna.

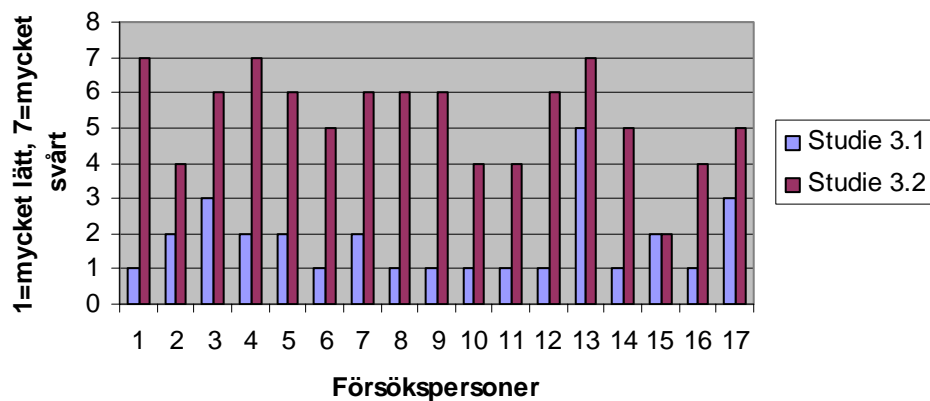
Q17: Ingen kände någon huvudvärk under någon av delstudierna.



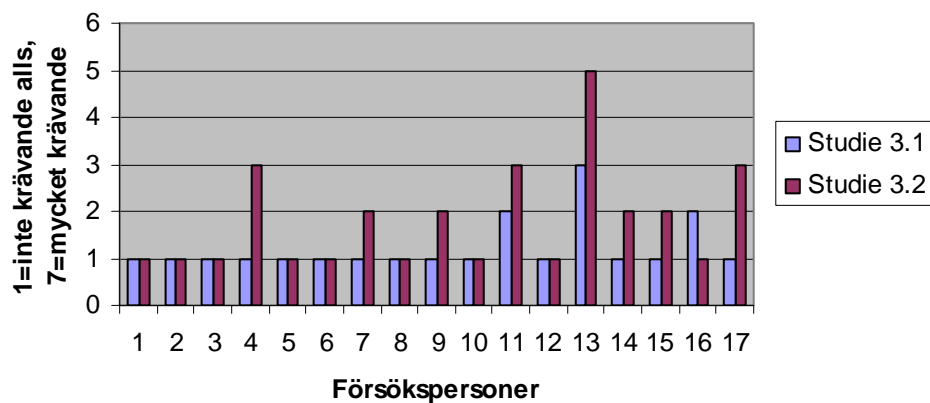
Q19: "Med stressigare uppgift märktes den mindre", "Undrar lite hur den mäter blodvärdet mm."  
(Båda från studie 3.2)



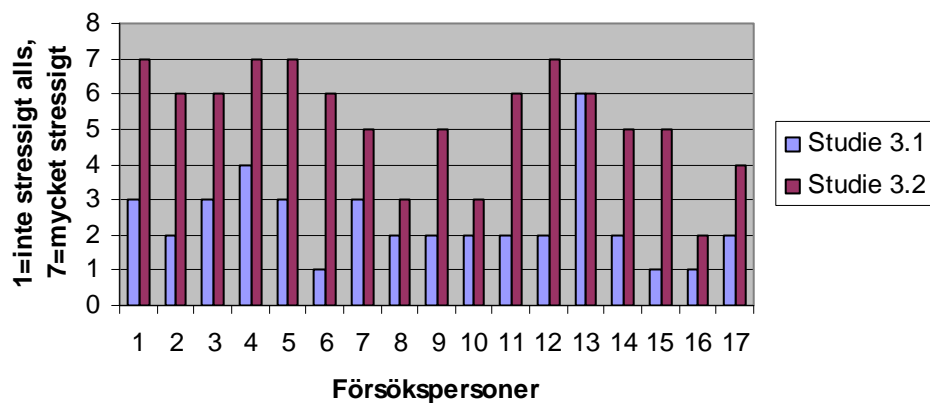
### Q22 Följa med i uppgiften

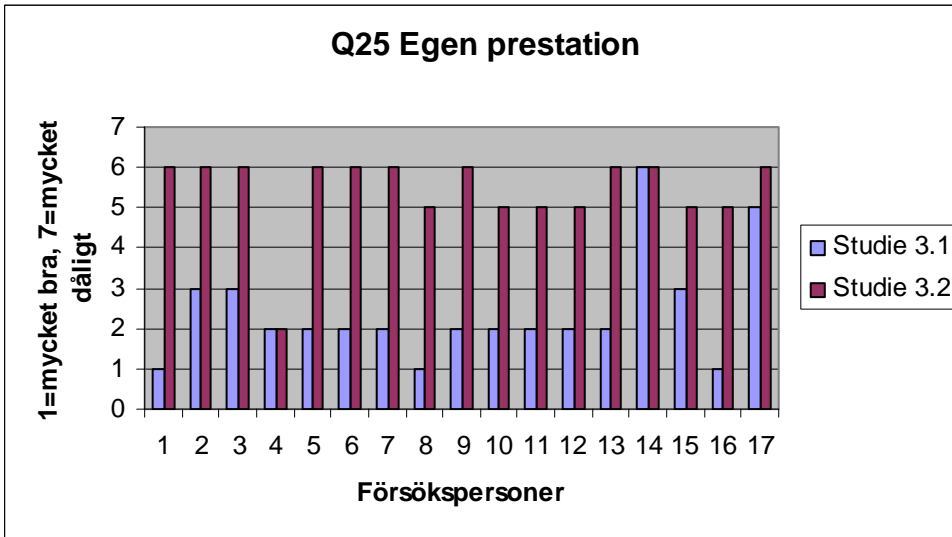


### Q23 Fysiskt krävande



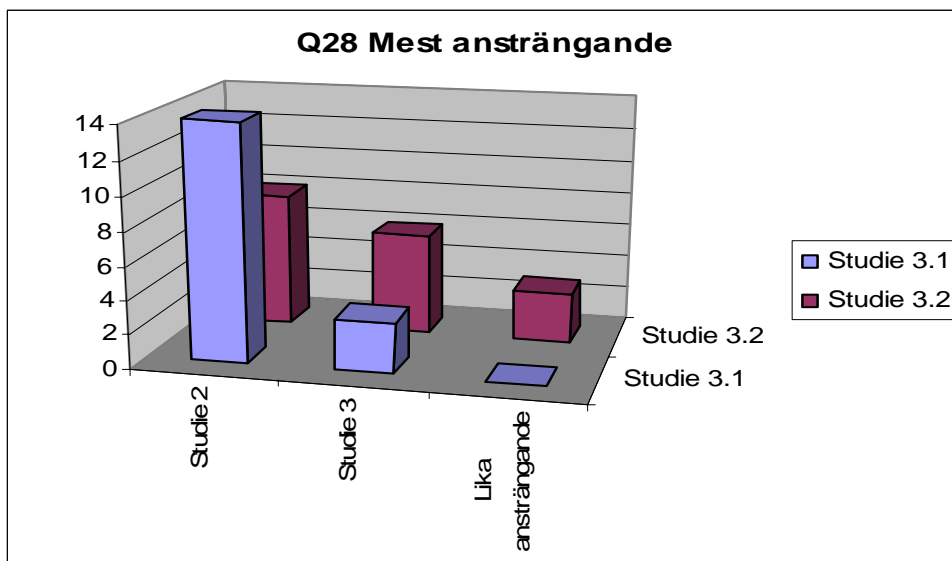
### Q24 Stressigt

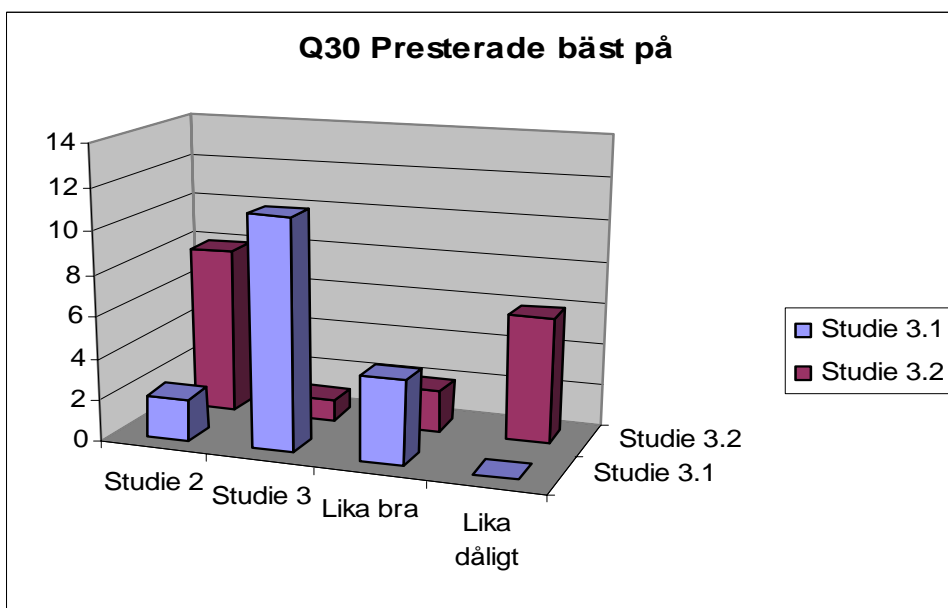
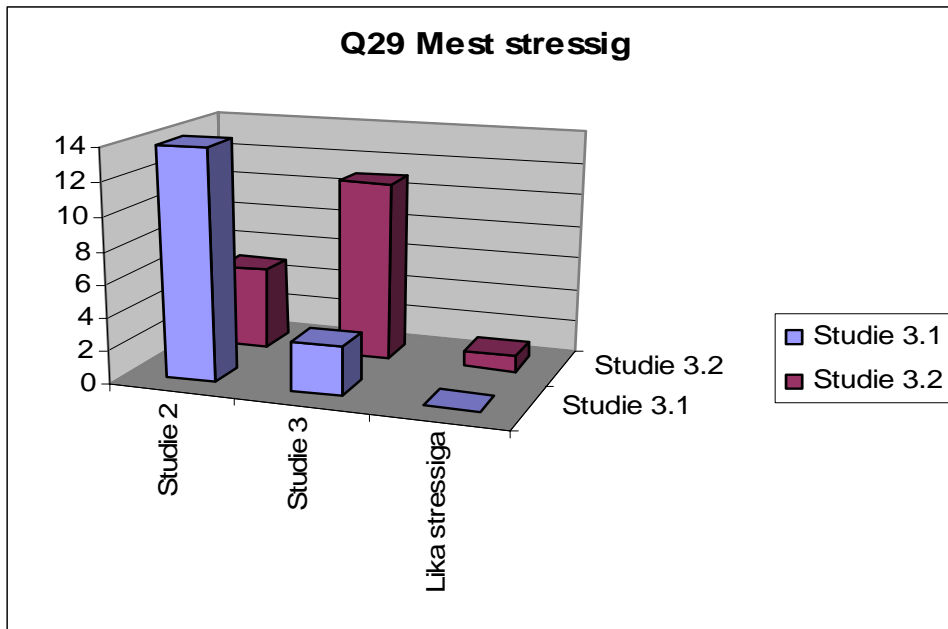




Q26: "F1-F4-uppgiften är väldigt inexact och ger för stor chans att göra del på marginalen." (Studie 3.1)

"Det var ju lite mer drag och lite roligare den här gången. Synd att man bara har två händer och att sakerna som trillar i luckor känns "fel".", "svårt med motoriken när det går fort", "det var så svårt så det inte kändes som dt var meningen att man skulle klara det. Det gjorde stressen mindre." (Studie 3.2)





Q31: "det är en jätte stor skillnad då man kan koppla bort ett sinne, hörseln i detta fall", "Den här var ju lite trevlig." (Studie 3.1)  
 "andra omgången på studie 3 var stressig", "Det borde vara en klarare indelning i del ett och två av försök tre. De skiljer sig åt väldigt mycket angående belastning." (Studie 3.2)