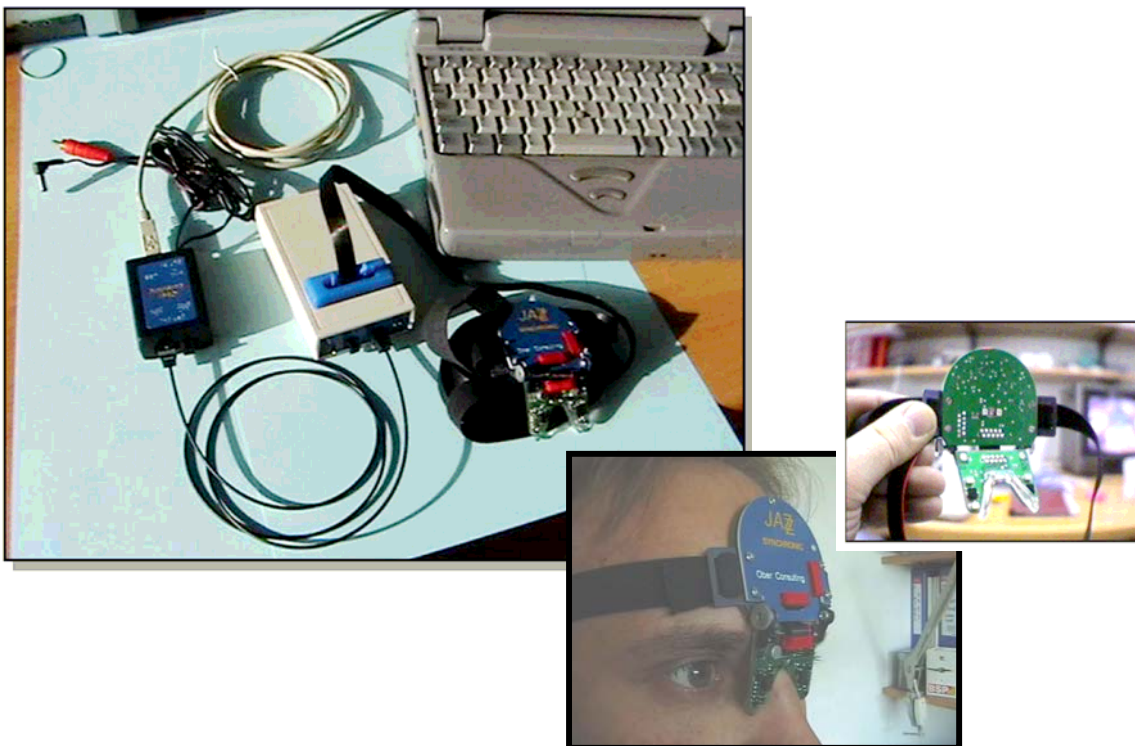


# Cognitieve belastbaarheid bij de selectie van Officier Vliegers

Masterscriptie september 2006

Centrum voor Mens en Luchtvaart, Soesterberg

Instellingsbegeleider: Drs. Ralph Tier



Mirjam Laging, 274160

Biologische en Cognitieve Psychologie

Erasmus Universiteit Rotterdam

Begeleider: Dr. René Zeelenberg

Tweede beoordelaar: Dr. Huib Tabbers

## Abstract

Selectiekandidaten voor de functie van Officier Vlieger bij de Koninklijke Luchtmacht voerden een auditieve teltaak uit waarbij oogbewegingen werden gemeten om de cognitieve belastbaarheid vast te stellen. Getracht werd een verschil te vinden tussen de verschillende niveaus van werklast die zijn gecreëerd. De scores werden vergeleken met de belastbaarheidsscore en de prestatie van de kandidaten tijdens simulatorvluchten om de voorspellende waarde van de taak te bepalen. De prestatie op de teltaak en de oogbewegingen namen af bij een toename in moeilijkheid. Uit het experiment bleek tevens een significante correlatie tussen de prestatie op de teltaak en de belastbaarheidsscore. Andere correlaties waren niet significant. De resultaten tonen aan dat het oogbewegingapparaat een algemene belastbaarheid kan weergeven, maar niet de specifieke belastbaarheid die vereist is om een vliegtuik uit te voeren.

Aantal woorden: 7348

Cognitieve werklast is de druk die het uitvoeren van een bepaalde taak legt op iemands cognitieve of mentale systeem (Paas, Tuovinen, Tabbers & Van Gerven, 2003). Het is een functie van de belastbaarheid die de taak vraagt, de inspanning die geleverd wordt om de taak uit te voeren en de uiteindelijke prestatie. Cognitieve belastbaarheid is het verwerkingsvermogen van degene die de taak moet uitvoeren (Kompier & Houtman, 2004). Met de komst van geautomatiseerde systemen is de cognitieve werklast toegenomen (Tsang & Wilson, 1997). De rol van arbeiders is minder fysiek geworden door de verschuiving van handmatige controle naar toezicht houden, maar de cognitieve inspanning die daarmee gepaard gaat is gestegen.

In de (militaire) luchtvaart speelt cognitieve belastbaarheid een belangrijke rol. Vliegers moeten veel scherpjes in de gaten houden en communiceren met de luchtverkeersleiding en andere vliegers. Ze moeten in staat zijn meerdere bronnen van visuele en auditieve informatie tegelijk te verwerken. Als de cognitieve werklast te groot wordt, kan dit leiden tot stress en het maken van fouten (Wickens & Hollands, 2000). Prestaties worden hierdoor beïnvloed, wat in de luchtvaart gevaarlijke situaties kan veroorzaken. Taakprestaties nemen overigens niet per definitie af bij een toename in taakeisen (Megaw, 2005; Parasuraman & Hancock, 2001). Het is mede afhankelijk van vaardigheden, training, motivatie, arousal, vermoeidheid en strategieën van de uitvoerder.

Belastbaarheidmetingen kunnen voor verschillende doeleinden worden gebruikt. Prestatie-eisen kunnen worden geëvalueerd, systemen kunnen worden aangepast aan de beperkingen van de gebruikers en de metingen zijn bruikbaar bij personeelsselectie (May, Kennedy, Williams, Dunlap & Brannan, 1990). Werklast metingen worden al gebruikt voor certificatie van vliegtuigen van grote producenten als Boeing en Airbus (Mouloua, Deaton & Hitt II, 2001). Bovendien wordt rekening gehouden met de werklastmetingen bij het ontwerpen van nieuwe systemen. Zo is gebleken dat met adaptieve automatische systemen de werklast aanzienlijk kan worden gereduceerd ten opzichte van statische automatische technologie.

Voor de functie van Officier Vlieger bij de Koninklijke Luchtmacht moeten kandidaten een strenge selectieprocedure doorlopen. Het is belangrijk dat de juiste mensen worden geselecteerd voor deze functie. Met de volledig betaalde opleiding zijn namelijk hoge kosten gemoeid. Daarom wordt er veel onderzoek gedaan om de selectie

te verbeteren. De selectie bevat een psychologische en een medische keuring. De psychologische selectieprocedure bestaat uit vier onderdelen; het Psychologisch Onderzoek eerste fase (PO1), het Geautomatiseerd Vlieger Selectie Systeem (GVSS), het Psychologisch Onderzoek tweede fase (PO2) en de Praktische Vlieger Selectie (PVS). De kandidaten kunnen, indien ze niet voldoende scores, na elk onderdeel uit de selectie worden gehaald. Ze mogen eventueel een jaar later terugkomen om het onderdeel dat ze niet gehaald hebben opnieuw te proberen en de selectieprocedure te vervolgen. Dit geldt echter niet voor de GVSS. Hiervoor wordt per persoon bepaald of een herkansing mogelijk is. Tijdens de PO1 vullen de kandidaten een persoonlijkheidsvragenlijst in en krijgen ze een aantal vaardigheidstests. Dit zijn de instrumenten interpretatie test (ININ), de selectieve luistertest (SLT), een test om de oog-hand-voet coördinatie te bepalen (SMK), een test om ruimtelijk inzicht en oriëntatievermogen te meten (PST) en een figuren test (TQEFT). Tijdens de GVSS voeren de kandidaten een aantal vluchten met opdrachten uit in de simulator om te bepalen of ze vliegaanleg bezitten. In de PO2 wordt een interview afgenomen om te bepalen in hoeverre de kandidaten geschikt zijn voor de militaire functie. Tijdens de PVS worden dezelfde opdrachten als tijdens de GVSS in een vliegtuig uitgevoerd. Tevens wordt gekeken of de kandidaten niet chronisch luchtziek zijn. Tijdens de medische keuring wordt bepaald of de kandidaten fysiek in staat zijn de functie uit te voeren. In het lichamenlijk onderzoek wordt gekeken naar het functioneren van onder andere het hart, de longen en de ogen. Daarnaast wordt een sporttest afgenomen om te bepalen of het uithoudingsvermogen en de spierkracht voldoende zijn. De selectieprocedure bevat geen aparte test die de cognitieve belastbaarheid van de kandidaten meet. Wel wordt tijdens het uitvoeren van de simulatorvluchten gekeken naar de belastbaarheid.

Er zijn verschillende technieken om cognitieve belastbaarheid te meten; prestatietaken, subjectieve metingen en fysiologische metingen (Wickens & Hollands, 2000; Tsang & Wilson, 1997). De prestatietaken zijn onder te verdelen in de primaire en de secundaire taak. Bij de *primaire taak meting* voert de persoon een taak uit en wordt de prestatie van de persoon en van het systeem gevolgd. De eisen van de taak variëren, waarbij de veranderingen in prestatie worden vastgesteld. Voorbeelden van primaire taken zijn de snelheid van het invoeren van computerdata, leerbegrip met een bepaalde

instructiemethode en meer praktische taken zoals autorijden. Soms is het echter moeilijk om prestaties te meten op de primaire taak of om onderscheid te maken tussen lage werklust niveaus. In dat geval kan een tweede taak aan de primaire taak worden toegevoegd, de *secondaire taak*. De primaire taak is het belangrijkste, waardoor alleen de capaciteit die niet nodig is om de primaire taak uit te voeren, kan worden gebruikt voor de secundaire taak. De prestatie op de secundaire taak zou moeten veranderen bij verschillen in taakeisen van de primaire taak. Als secundaire taak worden vaak ritmische taken of reactietaken gebruikt.

Naast deze prestatietaken zijn er *subjectieve metingen*, veelal vragenlijsten. De twee populairste vragenlijsten zijn de NASA Task Loading Index (TLX) en de Subjective Workload Assessment Technique (SWAT), die beide uit meerdere dimensies bestaan en direct na de taakprestatie worden afgenomen (zie Tsang & Wilson, 1997). De TLX wordt gemeten op de subschalen mentale eisen, fysieke eisen, temporele eisen, prestatie, inspanning en frustratieniveau. De subschalen van de SWAT zijn tijdlast, mentale inspanningslast en psychologische stress last. Er is nogal wat kritiek op de meetmanier en op de manier waarop de uiteindelijke score wordt berekend van beide vragenlijsten en er wordt aanbevolen om een retrospectieve benadering te gebruiken. Hierbij wordt de vragenlijst niet direct na de taak afgenomen, maar pas nadat alle condities ervaren zijn. Hier bestaat echter wel een kans op geheugenproblemen.

Tenslotte zijn er verschillende *fysiologische metingen* die via het meten van activiteit in het centrale zenuwstelsel een indicatie van cognitieve belastbaarheid geven. Dit zijn onder andere hartslagvariabiliteit, oog knipperen, pupil diameter en oogbewegingen. Volgens Kahneman (1973, in Beatty, 1982) moet elke fysiologische indicator van werklust voldoen aan drie criteria: hij moet gevoelig zijn voor binnen-taak variaties in taakeisen veroorzaakt door veranderingen in taakparameters; hij moet verschillen tussen taken in werklust veroorzaakt door kwalitatief verschillende cognitieve taken weergeven; en hij moet verschillen tussen individuen in werklust weerspiegelen omdat individuen van verschillende vermogens bepaalde cognitieve taken uitvoeren.

Hartslagvariabiliteit is de slagvariatie van het hartritme. Normaal gesproken vinden deze variaties in hartslag plaats door externe en interne factoren, zoals inspanning, ademhaling en bloeddruk (Roscoe, 1992). De hartslagvariabiliteit neemt af

bij een toename in werklust, waardoor de hartslag regelmatig wordt in condities met hoge werklust, terwijl de hartslag zelf op dat moment toeneemt. Dit komt vooral tot uitdrukking bij verschillen tussen taak en rustsituaties (Jorna, 1992). De hartslagvariabiliteit neemt eveneens af bij tijdsdruk, bij het uitvoeren van taken onder observatie, bij onervaren duikers en bij mensen voorafgaand aan het spreken in het openbaar.

Werklust heeft tevens invloed op bloeddruk. Veltman en Gaillard (1996) lieten hun proefpersonen een vliegtuik in een simulator uitvoeren. Ze moesten een doelvliegtuig op een bepaalde afstand volgen en kregen tijdens deze vlucht een auditieve geheugentaak. De bloeddruk was hoger in condities waarin gevlogen werd dan in rustcondities, vooral tijdens het landen en als de geheugentaak werd afgenomen. Dit geeft weer dat tijdens deze condities meer inspanning moest worden geleverd.

De duur van het oog knipperen in dit onderzoek was in de rustcondities langer dan in de vliegcondities. Tijdens het landen was de duur het kortst. Het interval tussen het knipperen was tijdens de rustcondities juist kleiner dan in de vliegcondities en veel groter tijdens de landing dan tijdens de andere condities. Het toevoegen van een geheugentaak tijdens de vlucht veroorzaakte geen verandering in de duur van en het interval tussen het oog knipperen in vergelijking met de vlucht zonder geheugentaak. Volgens de onderzoekers toont dit aan dat oog knipperen niet gevoelig is voor cognitieve werklust, maar voor visuele last, omdat de geheugentaak geen visuele last met zich meebrengt, maar de visuele eisen tijdens het landen zeer hoog zijn. Brookings, Wilson en Swain (1996) onderzochten de werklust bij luchtverkeersleiders met een simulatietuik. Bij een toename in moeilijkheid werd, in overeenstemming met de resultaten van Veltman en Gaillard, een afname van oog knipperen gevonden.

Mensen die vermoeid zijn ervaren meer werklust. In een onderzoek naar slaapttekort was te zien dat er meer fouten werden gemaakt in een vier uur durende vlucht in een simulator naarmate de tijd vorderde (Morris & Miller, 1996). De deelnemers aan het onderzoek waren piloten die de nacht voorafgaand aan het onderzoek wakker gehouden werden. Uit de subjectieve metingen die afgenomen werden, bleek dat ze na de vlucht vermoeider en slaperiger waren dan ervoor en dat ze meer werklust ervaren hadden. Van de oogbewegingmetingen die gedaan werden, was een combinatie van de amplitude (wijde) van oog knipperen, het aantal lange

oogsluitingen (langer dan 500 ms) en de duur van oog knippen de beste voorspeller van prestatie. Een verklaring voor de afname van de knipperamplitude kan zijn dat de beginpositie van het ooglid door vermoeidheid lager was. Dit kan betekenen dat kleine veranderingen in de positie van het ooglid veranderingen in aandacht of arousal weergeven en zo de prestatie afname voorspellen.

In hun onderzoek naar korte termijn geheugen vonden Kahneman en Beatty (1966, in Beatty, 1982) dat de pupil groter werd met elk gepresenteerde cijfer dat onthouden moest worden en dat een maximum werd bereikt in de pauze voordat de proefpersonen de cijfers herhaalden. De pupil verkleinde met elk gerapporteerde cijfer en na het laatste cijfer was de pupil weer op baseline niveau. Ze vonden eveneens dat moeilijkheid en het aantal cijfers van invloed is op pupilrespons; de pupil verwijdde het meest bij de moeilijkste taken en bij de grootste aantallen. Een vergelijkbaar patroon werd gevonden bij andere cognitieve taken, zoals taalverwerking, redeneren en perceptie (Beatty, 1982).

Pupildiameter verschilde tussen meer en minder intelligente proefpersonen. De intelligentere groep vertoonde kleinere amplitudes wat erop wijst dat het uitvoeren van een bepaalde taak voor intelligente mensen minder veeleisend is. Pupildiameter is echter een minder geschikte maat bij ouderen. Bij ouderen neemt de pupilgrootte af (ook wel senile miosis genoemd) doordat de spier die zorgt voor verwijding van de pupil minder functioneert (Van Gerven, Paas, van Merriënboer, & Schmidt, 2004). De pupil vergroot wel bij excessieve geheugenlast en nieuwe stimuli, maar minder dan bij jongeren. De pupil bij ouderen lijkt minder gevoelig te zijn voor subtiele veranderingen in cognitieve werklust, waardoor de pupilrespons bij ouderen minder bruikbaar is om cognitieve werklust te meten.

Rantanen en Goldberg (1999) toonden aan dat cognitieve werklust invloed heeft op de grootte en de vorm van het visuele veld. Bij een toename in werklust, werd het visuele veld kleiner. De vorm werd onregelmatiger, minder compact, minder cirkelvormig, meer horizontaal uitgerekt en verschoof iets. Er werd een aantal mogelijke verklaringen gegeven. Zo zou een taak met cognitieve eisen vatbaar zijn voor verstoringen door perceptuele concurrentie. Een andere mogelijke oorzaak is de groter wordende pupil bij een grotere mate van werklust. De onderzoekers gaven het advies

om bij het ontwerpen van systemen de belangrijkste informatie in de buurt van het centrum en horizontaal van het visuele veld te plaatsen.

Oogbewegingen nemen over het algemeen af bij een grotere belasting, tenzij de taak veel visuele informatie bevat (Van Orden, Limbert & Makeig, 2001). Het onderzoek van Backs en Walrath (1992) toonde aan dat proefpersonen in moeilijke condities, waarin ze minder snel reageerden, meer fixeerden en in een aantal van die condities langere fixaties en minder fixaties per seconde lieten zien. May et al. (1990) onderzochten de toename van visuele fixatie bij een toenemende mate van werklast. Ze voerden auditieve en visuele taken uit met drie verschillende moeilijkheidsgraden, terwijl de oogbewegingen van de proefpersonen werden gevolgd. Bij de auditieve taak werden drie verschillende tonen gepresenteerd. In de lage werklast conditie moesten de proefpersonen reageren na elke vierde lage toon. In de middelhoge werklast conditie moesten ze reageren na elke vierde lage toon en na elke vierde middelhoge toon. In de hoge werklast conditie moesten ze reageren na elke vierde lage, elke vierde middelhoge en elke vierde hoge toon. Hoewel de prestatie en de oogbewegingen af leken te nemen onder hoge werklast, waren de verschillen tussen de drie condities niet significant. Bij de visuele taak kregen de proefpersonen vierkantjes op drie verschillende locaties op het scherm te zien. In de lage werklast conditie moesten ze reageren na elk vierde vierkantje dat links gepresenteerd werd, in de middelhoge conditie na elk vierde linker en elk vierde gecentreerde vierkantje en in de hoge conditie na elk vierde linker, elk vierde gecentreerde en elk vierde rechter vierkantje. Ze vonden dat bij hoge werklast zowel de prestatie als de oogbewegingen afnamen ten opzichte van de andere condities. Bovendien zorgde oefening met de hoge werklast taak wel voor verbetering in prestatie, maar niet voor een verandering in fixatie. Dit geeft weer dat de taak een hoge werklast taak bleef, ondanks oefening. De onderzoekers concludeerden dat de teltaak een goede index van werklast geeft en dat de fixatiemeting van werklast valide is.

De Rivecourt (2005) onderzocht de effecten van cognitieve werklast op oogbewegingen in een toegepaste setting. De oogbewegingen werden gemeten terwijl proefpersonen in een statische vliegsimulator bepaalde vlieghandelingen moesten uitvoeren. De handelingen waren ingedeeld in zeven verschillende moeilijkheidsniveaus. Bij de moeilijker handelingen moest visueel veel worden gewisseld tussen de verschillende instrumenten. De resultaten wezen op een afname van de fixatietijd op een



vooraf gedefinieerd gebied ten gevolge van een hogere belasting. Dit is in overeenstemming met de resultaten van Van Orden et al. (2001).

Er zijn drie belangrijke punten waar een indicator van cognitieve belastbaarheid aan moet voldoen: hij moet valide zijn, betrouwbaar en bruikbaar (Kompier & Houtman, 2004). De validiteit en betrouwbaarheid van de primaire en secundaire taken zijn over het algemeen goed, maar ze hebben meestal een beperkte generaliseerbaarheid (Tsang & Wilson, 1997). Ze zijn specifiek voor het systeem dat wordt geëvalueerd en kunnen niet breder worden toegepast. Een nadeel van de secundaire taak is dat deze intrusief kan zijn. Het uitvoeren van de extra taak kan ervoor zorgen dat de manier van verwerking van de primaire taak wordt veranderd. Bovendien is voor het uitvoeren, evalueren en interpreteren van de secundaire taak achtergrondkennis vereist. Het is van belang dat in de gaten wordt gehouden dat proefpersonen de primaire taak als hoofdtaak behandelen en niet meer aandacht besteden aan de secundaire taak. De voordelen van vragenlijsten zijn de geringe kosten en het gebruikersgemak. Proefpersonen worden er nauwelijks door belast en doordat ze zelfstandig ingevuld kunnen worden, kunnen er veel tegelijk worden afgenomen. Nadeel is echter dat de kans op sociaal wenselijke antwoorden groter is, waardoor de validiteit en betrouwbaarheid in gevaar zouden kunnen komen.

Validiteit kan voor fysiologische metingen een probleem opleveren. Fysiologische veranderingen worden namelijk niet alleen veroorzaakt door mentale belasting, maar ook door emotionele en fysieke belasting. In gecontroleerde experimenten zullen deze echter weinig invloed hebben, tenzij de taak emotionele stimuli bevat of fysieke inspanning vereist. Het voordeel van fysiologische metingen is dat ze de prestatie op de primaire taak niet verstoren (Tsang & Wilson, 1997). Een ander voordeel is dat ze constant alle veranderingen in de respons van iemand kunnen volgen.

Om aan te sluiten bij de onderzoeksrichting van de Koninklijke Luchtmacht zullen in het huidige onderzoek fysiologische metingen worden gebruikt. Omdat hier nog niet zoveel onderzoek naar is gedaan, zullen in navolging van May et al. (1990) en De Rivecourt (2005) oogbewegingen worden gemeten. De oogbewegingen worden gemeten met het Jazz Synchronic systeem. Proefpersonen krijgen een auditieve teltaak met drie verschillende moeilijkheidsniveaus. Er is gekozen voor een auditieve taak,

zodat er geen visuele input nodig is die de oogbewegingen zou kunnen beïnvloeden. De taak is grotendeels gebaseerd op de taak die May et al. (1990) gebruikten. Omdat zij geen significant verschil vonden tussen de drie condities, is voor het huidige onderzoek alleen de moeilijke conditie overgenomen. Het verschil in moeilijkheid zal worden gecreëerd door verschillen aan te brengen in de patronen van stimulusaanbieding. Het doel van dit onderzoek is te testen of met het Jazz Synchronic systeem een indicatie van cognitieve belastbaarheid kan worden verkregen en bepalen of het kan worden gebruikt bij de selectie van Officier Vliegers bij de Koninklijke Luchtmacht.

Aangezien de teltaak zou moeten worden ingezet als selectiemiddel, is het belangrijk dat deze een voorspellend vermogen heeft voor een vliegtuik. Om dit te kunnen testen, wordt het onderzoek afgenomen bij selectiekandidaten voor de functie van Officier Vlieger. De prestatie op de teltaak en de oogbewegingen zullen worden vergeleken met de uitslag van de prestatie in de vliegsimulator en een subjectieve beoordeling van belastbaarheid van de kandidaat door de instructeur. Het is dus de vraag of er een samenhang is tussen de prestaties en oogbewegingen. De verwachting is dat kandidaten die alle vluchten in de simulator voldoende uitvoeren en dus worden aanbevolen beter belastbaar zijn en de teltaak beter maken. Deze kandidaten zullen minder fixeren en dus meer en grotere oogbewegingen maken. De drie verschillende niveaus van de teltaak geven een verschil in werklast weer. Omdat bij een grotere mate van werklast mensen meer gaan fixeren, zullen de oogbewegingen afnemen bij een toename in werklast. De prestaties op de teltaak zullen eveneens afnemen bij een toename in werklast.

## Methode

### Proefpersonen

Tweeënveertig selectiekandidaten (1 vrouw, 41 mannen) hebben deelgenomen aan dit onderzoek. De proefpersonen waren maximaal drie of vier dagen aanwezig voor het Geautomatiseerd Vlieger Selectie Systeem (GVSS). Allen namen vrijwillig deel aan het onderzoek op de eerste dag dat ze aanwezig waren.

Een between-subjects factor die werd meegenomen in de analyse is taakversie. De proefpersonen kregen een versie toegewezen aan de hand van deelnamevolgorde.

Degenen met een oneven nummer kregen de versie van de teltaak die opliep in moeilijkheid, die met een even nummer de in moeilijkheid aflopende versie.

### Materialen en Design

Om de oogbewegingen te meten werd gebruik gemaakt van het Jazz Synchronic systeem (Ober Consulting Poland, 2001). Dit is een sensor die op de neus wordt bevestigd en met behulp van een elastiek om het hoofd op zijn plek wordt gehouden. De sensor meet zowel horizontale als verticale oogbewegingen.

Er werden drie verschillende tonen gepresenteerd; lage van 250 Hz, middelhoge van 800 Hz en hoge van 1250 Hz. De tonen werden gepresenteerd in vier blokken, waarvan het eerste een oefengedeelte was. In het oefengedeelte werden 36 tonen random gepresenteerd, 12 tonen van elke hoogte. In de drie experimentele blokken werden 60 tonen volgens een vast patroon gepresenteerd. In de lage werklast conditie kregen de proefpersonen vier tonen van dezelfde hoogte achter elkaar te horen, zodat ze elke keer slechts voor een toon tegelijk de tel bij moesten houden. In de middelhoge werklast conditie kwamen de tonen in groepjes van twee gelijke hoogtes. In de hoge werklast conditie werd, op een trial na, steeds een andere toonhoogte gepresenteerd, zodat de proefpersonen veel moesten onthouden. In Bijlage A wordt de volgorde van de tonen in de drie experimentele condities weergegeven. De condities werden gecounterbalanced, waardoor twee verschillende versies van het experiment werden gecreëerd. In beide versies kwam het oefengedeelte eerst, waarna in de eerste versie, oplopend in moeilijkheid, achtereenvolgens de lage, middelhoge en hoge werklast condities werden gepresenteerd. Voor de tweede versie, aflopend in moeilijkheid, werd de volgorde van de experimentele condities omgedraaid. Aangezien alle proefpersonen aan de drie condities deelnamen, is werklast conditie een within-subjects factor. Versie is een between-subjects factor.

Het experiment werd afgenomen op een laptop waarop het E-Run gedeelte van het E-Prime software programma (Schneider, Eschman, & Zuccolotto, 2002) was geïnstalleerd.

Synchronisatie van E-run met het Jazz Synchronic systeem was niet mogelijk, waardoor de tijd handmatig moest worden bijgehouden.

### Procedure

Proefpersonen kregen mondelinge uitleg over de gehele procedure. Voor de teltaak kregen ze eveneens schriftelijke instructies. De proefpersonen kregen te horen dat ze voordat ze de teltaak gingen doen eerst op punten op de muur moesten fixeren. Dit was nodig voor de calibratie, oftewel het omzetten van de signalen in bruikbare eenheden, in dit geval graden. Op een witte muur waren vijf zwarte cirkels met een doorsnede van ongeveer een centimeter bevestigd. De punten links, rechts, boven en onder bevonden zich 50 cm van het middelste punt. De proefpersonen moesten recht voor het middelste punt gaan zitten met de Jazz sensor op. De afstand van de muur tot de ogen van de proefpersoon was 100 cm, waardoor de kijkhoek van het middelste punt naar de andere punten 27 graden bedroeg. De proefpersonen werden geïnstrueerd eerst twee seconden op het middelste punt te fixeren. Daarna moesten ze achtereenvolgens twee seconden fixeren op de punten links, midden, rechts, midden, boven, midden, onder, midden. Tijdens het fixeren werden de proefpersonen verzocht hun hoofd stil te houden en alleen met de ogen te bewegen.

Tijdens de teltaak hielden de proefpersonen de Jazz sensor op. Ze kregen tevens een koptelefoon op. De instructies verschenen op het scherm. Tijdens de teltaak zelf werd het beeldscherm wit. De bedoeling was om de drie verschillende tonen afzonderlijk van elkaar te tellen. Om te beginnen moesten ze op de spatiebalk drukken. Allereerst kregen ze de drie tonen te horen van laag naar hoog. De toon zelf duurde 500 ms, de pauze erna 1500 ms. Na de presentatie van de tonen, kregen de proefpersonen het oefengedeelte. Om hiermee te beginnen moesten ze weer op de spatiebalk drukken. Zodra ze vier lage tonen hadden gehoord, moesten ze op de '1' drukken, na vier middelhoge tonen op de '2' en na vier hoge tonen op de '3'. Er was geen respons nodig voor de andere tonen. De presentatie van de tonen duurde hier eveneens 500 ms en de pauze 1500 ms, waardoor ze vanaf het moment dat de toon werd gepresenteerd, twee seconden hadden om te reageren. Er werd verteld dat ze hun vingers bij de knoppen moesten houden om snel te kunnen reageren. De eigenlijke reden hiervoor was dat ze niet steeds naar hun vingers hoefden te kijken voor een reactie. Deze extra bewegingen zouden de natuurlijke oogbewegingen kunnen verstoren. Zodra de proefpersonen een toets indrukten, werd de teller weer op '0' gezet. Ze moesten daarna dus weer opnieuw beginnen met tellen voor de laatst gepresenteerde toon, ook als ze per ongeluk op een

verkeerde toets hadden gedrukt. Er werd geen feedback gegeven. Het oefengedeelte duurde ongeveer twee minuten. Na het oefengedeelte werden de drie condities achter elkaar gepresenteerd. Hier was eveneens de spatiebalk het startsein en de duur van de tonen gelijk aan de andere delen. Dit gedeelte duurde ruim negen minuten. Accuratesse op de teltaak en amplitude van de oogbewegingen werden gemeten. Accuratesse wordt weergegeven door het aantal correcte responsen ten opzichte van het aantal onjuiste responsen. Amplitude is de grootte van de oogbeweging. Tussen de voorbeeldtonen, het oefengedeelte en het experimentele gedeelte hadden de proefpersonen de gelegenheid om, indien nodig, vragen te stellen. De instructies die de proefpersonen kregen voor de teltaak staan in Bijlage B.

Naast accuratesse op de teltaak en amplitude van de oogbewegingen werden de GVSS score en de belastbaarheidsscore van de kandidaten bepaald. De GVSS score was de uiteindelijke uitslag van de GVSS die bepaald werd door het aantal afwijkingen van het vluchtplan dat een kandidaat had tijdens een gescoorde vlucht. Kandidaten moesten zes gescoorde vluchten (A t/m F) uitvoeren en er werd in principe na drie vluchten gekeken of ze genoeg punten hadden om door te gaan, tenzij ze in de voorgaande vluchten zo slecht presteerden dat ze het niet meer konden halen. Er waren zeven verschillende scores te behalen; ontkoppeld (naar huis gestuurd) na de B vlucht, gestopt op eigen verzoek na de B vlucht, ontkoppeld na de C vlucht, gestopt op eigen verzoek na de D vlucht, ontkoppeld na de F vlucht, onder voorbehoud PVS (praktische vlieger selectie) en aanbevolen PVS. De belastbaarheidsscore werd subjectief bepaald door de instructeur. Hij observeerde de kandidaat tijdens de vluchten in de GVSS en keek naar het inzetten en beëindigen van vliegmanoeuvres. Tevens keek hij naar de reactie van de kandidaat op het uitvoeren van een extra taak. De kandidaat kreeg tijdens de vlucht een transpondercode te horen die hij/zij moest invoeren. De instructeur kon een keuze maken uit de scores onvoldoende, twijfelachtig, voldoende en goed.

### Resultaten

Vanwege verstoorde data zijn de resultaten van zes proefpersonen niet meegenomen in de analyse. De verstoringen werden veroorzaakt door een verkeerde positie van de Jazz sensor en lege batterijen in de controle unit van het Jazz Synchronic systeem. Bij de analyse van de amplitude van oogbewegingen zijn alleen de horizontale

oogbewegingen meegenomen. De reden hiervoor is dat bij 11 proefpersonen de calibratie voor de verticale oogbewegingen mislukt was. Het was niet mogelijk een mooi signaal te selecteren voor het bepalen van de kijkhoek.

Veertien proefpersonen hadden de teltaak anders opgevat. Deze groep dacht dat na een respons alle tonen opnieuw geteld moesten worden in plaats van alleen de laatst gepresenteerde toon. In de hoge werklast conditie bijvoorbeeld moest eerst gereageerd worden na de negende trial, omdat vier hoge tonen waren gepresenteerd. Na deze respons begon het tellen van de hoge tonen opnieuw. Op dat moment waren drie middelhoge en twee lage tonen gepresenteerd. Na de hoge toon werd een lage toon gepresenteerd, gevolgd door een middelhoge en een lage. Omdat voor deze tonen moest worden doorgeteld, was de respons op de middelhoge toonhoogte twee trials na het reageren op de hoge toon vereist. De derde respons, voor de lage toonhoogte, volgde direct na de tweede respons. De proefpersonen die de teltaak anders hadden opgevat, begonnen na de presentatie van de vierde hoge toon niet alleen de hoge toon opnieuw te tellen, maar tevens de middelhoge en lage tonen. De tweede respons werd in dit geval 10 trials na de respons op de hoge toon gegeven.

De data van de proefpersonen die de teltaak goed hadden begrepen, werden zowel met als zonder de data van de proefpersonen die het anders hadden opgevat geanalyseerd. De data van de teltaak van de proefpersonen die het anders hadden opgevat werden handmatig aangepast aan hun denkwijze. Er werd per respons bekeken of deze werd gegeven na de toonhoogte die als eerste vier maal was gepresenteerd. Indien dit het geval was, werd de respons goed gerekend. Indien dit niet het geval was of als de proefpersoon een verkeerde toets had ingedrukt, werd de respons fout gerekend.

In Tabel 1 wordt accuratesse op de teltaak weergegeven per conditie en versie zonder de groep proefpersonen die de teltaak anders had opgevat. Uit de repeated measures ANOVA bleek dat er een hoofdeffect was voor werklast conditie,  $F(2,40) = 6.91, p < .01$ . De trendanalyse toonde een significante lineaire component aan,  $F(1,20) = 16.87, p = .001$ . Uit de contrastanalyse bleek dat de responsen in de lage werklast conditie accurater waren dan die in de middelhoge werklast conditie ( $p < .05$ ) en die in de hoge werklast conditie ( $p = .001$ ). Het verschil in accuratesse tussen de middelhoge en hoge werklast condities was niet significant ( $p = .18$ ). Het verschil tussen de twee

versies van de teltaak benaderde significantie,  $F(1,20) = 4.04$ ,  $p < .06$ . Proefpersonen met de versie in oplopende moeilijkheid presteerden beter op de teltaak dan de proefpersonen met de versie in aflopende moeilijkheid. Het interactie-effect tussen werklust conditie en versie van de teltaak was niet significant,  $F < 1$ .

Aangezien de verschillen in belastbaarheid tussen proefpersonen zich voornamelijk zullen uiten in de hoge werklust conditie, werden, naast de correlaties tussen de GVSS metingen en de gemiddelde accuratesse op de teltaak, de correlaties tussen de GVSS metingen en de accuratesse in de hoge werklust conditie berekend. De correlaties tussen gemiddelde accuratesse op de teltaak en belastbaarheidsscore tijdens de GVSS ( $r = .34$ ), tussen accuratesse op de teltaak in de hoge werklust conditie en belastbaarheidsscore tijdens de GVSS ( $r = .29$ ), tussen gemiddelde accuratesse op de teltaak en GVSS score ( $r = .06$ ) en tussen accuratesse op de teltaak in de hoge werklust conditie en GVSS score ( $r = .37$ ) waren niet significant.

In Tabel 2 wordt accuratesse op de teltaak weergegeven per conditie en versie voor alle proefpersonen. Uit de repeated measures ANOVA bleek dat er een hoofdeffect was voor werklust conditie,  $F(2,68) = 14.92$ ,  $p < .001$ . De trendanalyse toonde een significante lineaire component aan,  $F(1,34) = 36.76$ ,  $p < .001$ . De contrastanalyse toonde aan dat de responsen in de lage werklust conditie accurater waren dan die in de middelhoge werklust conditie ( $p < .01$ ) en dat die weer accurater waren dan de responsen in de hoge werklust conditie ( $p < .05$ ). Het verschil tussen de twee versies van de teltaak was niet significant,  $F(1,34) = 2.94$ ,  $p < .10$ . Het interactie-effect tussen werklust conditie en versie van de teltaak was niet significant,  $F < 1$ .

Er was een matige positieve correlatie tussen gemiddelde accuratesse op de teltaak en belastbaarheidsscore tijdens de GVSS ( $r = .34$ ,  $p < .05$ ). De correlaties tussen accuratesse op de teltaak in de hoge werklust conditie en belastbaarheidsscore tijdens de GVSS ( $r = .28$ ), tussen gemiddelde accuratesse op de teltaak en GVSS score ( $r = .13$ ) en tussen accuratesse op de teltaak in de hoge werklust conditie en GVSS score ( $r = .23$ ) waren niet significant.

In Tabel 3 wordt amplitude van de oogbewegingen in graden weergegeven per conditie en versie zonder de groep proefpersonen die de teltaak anders had opgevat. De repeated measures ANOVA toonde aan dat er een hoofdeffect voor werklust conditie was,  $F(2,40) = 4.62$ ,  $p < .05$ . De trendanalyse toonde een significante lineaire

component aan,  $F(1,20) = 5.61, p < .05$ . Uit de contrastanalyse bleek dat proefpersonen in de lage werklast conditie grotere oogbewegingen maakten dan in de hoge ( $p < .05$ ) en middelhoge ( $p < .01$ ) werklast condities. Het verschil in amplitude tussen de hoge en middelhoge werklast condities was niet significant ( $p = .87$ ). De ANOVA liet zien dat het verschil tussen de twee versies van de teltaak niet significant was,  $F < 1$ . Het interactie-effect tussen werklast conditie en versie van de teltaak was eveneens niet significant,  $F < 1$ .

De correlaties tussen gemiddelde amplitude en belastbaarheidsscore tijdens de GVSS ( $r = -.02$ ), tussen amplitude in de hoge werklast conditie en belastbaarheidsscore tijdens de GVSS ( $r = -.02$ ), tussen gemiddelde amplitude en GVSS score ( $r = -.11$ ) en tussen amplitude in de hoge werklast conditie en GVSS score ( $r = -.09$ ) waren niet significant.

De correlatie ( $r = .14$ ) tussen gemiddelde accuratesse op de teltaak en gemiddelde amplitude van de oogbewegingen was niet significant, evenals de correlatie ( $r = -.003$ ) tussen accuratesse op de teltaak in de hoge werklast conditie en amplitude van de oogbewegingen in de hoge werklast conditie.

In Tabel 4 wordt amplitude van de oogbewegingen in graden weergegeven per conditie en versie voor alle proefpersonen. De repeated measures ANOVA toonde aan dat er een hoofdeffect voor werklast conditie was,  $F(2,68) = 12.84, p < .001$ . De trendanalyse toonde een significante lineaire component,  $F(1,34) = 15.46, p < .001$ , en een significante kwadratische component,  $F(1,34) = 9.35, p < .01$ , aan. De contrastanalyse toonde aan dat proefpersonen in de lage werklast conditie grotere oogbewegingen maakten dan in de hoge ( $p < .001$ ) en middelhoge ( $p < .001$ ) werklast condities. Het verschil in amplitude tussen de hoge en middelhoge werklast condities was niet significant ( $p = .74$ ). De ANOVA liet zien dat het verschil tussen de twee versies van de teltaak niet significant was,  $F < 1$ . Het interactie-effect tussen werklast conditie en versie van de teltaak was eveneens niet significant,  $F(2,68) = 1.32, p = .27$ .

De correlaties tussen gemiddelde amplitude en belastbaarheidsscore tijdens de GVSS ( $r = -.02$ ), tussen amplitude in de hoge werklast conditie en belastbaarheidsscore tijdens de GVSS ( $r = -.01$ ), tussen gemiddelde amplitude en GVSS score ( $r = -.20$ ) en tussen amplitude in de hoge werklast conditie en GVSS score ( $r = -.18$ ) waren niet significant.



De correlatie ( $r = -.09$ ) tussen gemiddelde accuratesse op de teltaak en gemiddelde amplitude van de oogbewegingen was niet significant, evenals de correlatie ( $r = -.03$ ) tussen accuratesse op de teltaak in de hoge werklast conditie en amplitude van de oogbewegingen in de hoge werklast conditie.

### Discussie

Het huidige onderzoek was gericht op het nader onderzoeken van de bruikbaarheid van het Jazz Synchronic systeem om cognitieve belastbaarheid te bepalen. Om dit te kunnen testen is een onderzoek uitgevoerd waarin verschillen in moeilijkheid werden geobserveerd. In de lage werklast conditie werden minder fouten gemaakt en grotere oogbewegingen dan in de andere condities. De resultaten komen overeen met die van May et al. (1990), die eveneens een afname van prestatie en oogbewegingen vonden bij een toename in taakeisen. Hoewel de afname van prestatie op de auditieve taak niet significant was, concludeerden zij dat hun taak een uitstekende index van werklast was. Tevens bleek hun meting van oogbewegingen valide te zijn voor werklast, omdat deze tijdens het uitvoeren van zowel een auditieve als een visuele taak verschillen in moeilijkheid weergaf. Naast de significante resultaten van conditie in het huidige onderzoek, was er een significante correlatie tussen de gemiddelde prestatie op de teltaak en de belastbaarheidsscore gegeven door de GVSS instructeurs. Dit was alleen het geval voor de analyse van alle proefpersonen. De correlatie tussen de gemiddelde prestatie en de belastbaarheidsscore voor de proefpersonen zonder de groep die de teltaak anders had opgevat was gelijk aan die van de gehele groep, maar niet significant. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het lagere aantal proefpersonen, wat leidt tot een lagere power. Uit de resultaten kunnen we concluderen dat de teltaak inderdaad verschillende niveaus van werklast weergeeft. Het verschil in amplitude van oogbewegingen tussen de verschillende condities ondersteunt deze conclusie. De Jazz lijkt verschillen in werklast weer te geven. Vanwege het ontbreken van een correlatie tussen de amplitude van oogbewegingen en de belastbaarheidsscore van de GVSS kan dit echter niet met zekerheid worden vastgesteld. Een mogelijke verklaring is dat verschillende soorten belastbaarheid vereist zijn voor een auditieve taak en een simulatortaaK. Het zou kunnen dat er een algemene belastbaarheid is en een meer specifieke voor bepaalde taken, zoals vliegen. Om dit te onderzoeken zouden de

oogbewegingen van kandidaten kunnen worden gemeten tijdens het uitvoeren van de tests uit het Psychologisch Onderzoek eerste fase. Deze resultaten kunnen vervolgens worden vergeleken met de resultaten op de teltaak. Als de suggestie van de verschillende soorten belastbaarheid klopt, zou er een relatie kunnen bestaan tussen de teltaak en de selectieve luistertaak. Deze taak meet de selectieve aandacht van de kandidaten en is een vrij algemene taak. Een andere mogelijke relatie is die tussen de oog-hand-voet coördinatietest en de GVSS score. Deze tests zijn specifiek gericht op vliegvaardigheden. Een andere mogelijke verklaring voor het ontbreken van de correlatie tussen amplitude en belastbaarheidsscore is dat voor verschillende taken verschillende fysiologische metingen een betere indicatie van werklast weergeven. Zo werd in een onderzoek waarin hartslagmetingen werden geëvalueerd, geconcludeerd dat hartslag betrouwbaarder de werklast van piloten weergaf en hartslagvariabiliteit de werklast van copiloten (Roscoe, 1992).

Uit eerder onderzoek is gebleken dat fysiologische responsen kunnen verschillen tussen personen op dezelfde taak, maar ook tussen twee verschillende taken voor dezelfde persoon (Miyake, 2001). Bovendien spelen bij subjectieve zelfbeoordelingen van werklast de resultaten op een taak mee, waardoor de correlatie tussen subjectieve en fysiologische metingen laag kan zijn. Als iemand bijvoorbeeld goed heeft gepresteerd op een taak, heeft dat een andere invloed op zijn of haar beoordeling van werklast dan wanneer deze persoon slecht heeft gepresteerd. In het eerste geval zal de werklast als minder worden ervaren. De relatie tussen subjectieve beoordelingen van anderen en fysiologische metingen is niet duidelijk, maar het is mogelijk dat deze een soortgelijk effect oplevert. Een belangrijk onderdeel van de belastbaarheidsscore beoordeeld door de GVSS instructeur is het invoeren van de transpondercode. Het is mogelijk dat kandidaten die daar moeite mee hebben, maar wel de juiste code invoeren positiever worden beoordeeld dan kandidaten die er evenveel moeite mee hebben en een incorrecte code invoeren. Deze kandidaten zouden theoretisch een vergelijkbare fysiologische score kunnen hebben en in dit geval dus even grote oogbewegingen maken. Dit zou de zeer lage correlatie tussen de oogbewegingen en de belastbaarheidsscore kunnen verklaren. Hier moet echter eerst onderzoek naar worden verricht, voordat er concluderende uitspraken over worden gedaan.

Uit de analyse zonder de proefpersonen die de teltaak anders hadden opgevat, bleek dat de proefpersonen met de in moeilijkheid oplopende versie van de teltaak deze beter maakten dan de proefpersonen met de aflopende versie. Dit komt mogelijk doordat het begin makkelijker was voor de oplopende versie. De tonen kwamen in de lage werklast conditie telkens in vier gelijke hoogtes. Daardoor werd het patroon waarschijnlijk vrij snel duidelijk. Proefpersonen werden hierdoor mogelijk zekerder over hun antwoorden, waardoor ze tijdens de andere condities het vertrouwen hadden deze goed te maken. De proefpersonen die de hoge werklast conditie als eerst gepresenteerd kregen, konden geen patroon ontdekken in de volgorde van de tonen. Ze maakten al direct meer fouten, waardoor ze meer tijd nodig hadden om te herstellen in de andere condities. Vanwege de fouten in de hoge en middelhoge werklast condities, begon de teller niet op nul bij het begin van de lage werklast conditie. Hierdoor moesten de proefpersonen alsnog voor meerdere toonhoogtes tegelijk de tel bijhouden, in tegenstelling tot de proefpersonen die de oplopende versie hadden. Waarschijnlijk maakten de proefpersonen met de aflopende versie van de teltaak daardoor meer fouten in de lage werklast conditie dan de proefpersonen met de oplopende versie.

De lage correlatie tussen accuratesse en amplitude was onverwacht. De verwachting was dat kandidaten die beter belastbaar zijn, beter zouden presteren op de teltaak en grotere oogbewegingen zouden maken. Deze twee maten zullen echter tegenstrijdige resultaten opleveren voor de belastbaarheid van de kandidaat. Mogelijk was een aantal kandidaten afgeleid tijdens de teltaak. Zoals later besproken wordt, moesten de kandidaten de dag van het onderzoek twee of drie simulatorvluchten uitvoeren. Het zou kunnen dat een aantal kandidaten zich voor de teltaak niet goed konden concentreren, waardoor deze zich extra moesten inspannen om een goed antwoord te geven en daardoor meer fixeerden. Andere kandidaten konden zich waarschijnlijk beter concentreren, wat het juiste patroon opleverde.

Het tweede doel van dit onderzoek was bepalen of de teltaak en het Jazz Synchronic systeem kunnen worden gebruikt bij de selectie van vliegers bij de Koninklijke Luchtmacht. Hiertoe werden de resultaten van de prestaties op de teltaak en de oogbewegingen vergeleken met de score die was behaald op de GVSS. Deze correlaties waren niet significant. Er was wel een matige correlatie tussen accuratesse op de teltaak in de hoge werklast conditie en GVSS score voor de analyse zonder de

proefpersonen die de teltaak anders hadden opgevat. De proefpersonen die beter presteerden op de hoge werklast conditie van de teltaak behaalden een betere score op de GVSS. Deze correlatie was waarschijnlijk vanwege een lage statistische power echter niet significant. De teltaak en de Jazz hebben waarschijnlijk geen voorspellende waarde voor de vliegtaak en zijn niet geschikt om onderscheid te maken voor de selectie. Hier is mogelijk de eerder gegeven verklaring met betrekking tot de verschillende soorten belastbaarheid van toepassing. In vervolgonderzoek kan worden onderzocht of een met een vliegtaak vergelijkbare test, zoals de oog-hand-voet coördinatie test, in combinatie met het Jazz Synchronic systeem een betere voorspeller is voor de GVSS score.

Bij de oogmetingen was het verschil tussen de middelhoge en hoge werklast conditie niet significant. Een mogelijke reden waarom de amplitudes in de middelhoge en hoge condities dichtbij elkaar liggen zijn de patronen van reageren. In de lage werklast conditie waren de tonen niet alleen makkelijker te onthouden, het patroon van reageren was ook gelijk. Na elke vierde toon moest een reactie worden gegeven. In de andere condities was het patroon van reageren verschillend. In de middelhoge werklast conditie kwamen de tonen in groepjes van twee van dezelfde toonhoogte, waardoor proefpersonen maximaal na de achtste toon een respons moesten geven. Reacties konden echter ook twee, vier of zes tonen na de voorgaande reactie nodig zijn. In de hoge werklast conditie was er nog meer verschil. De ene keer moest gereageerd worden na de negende toon, de andere keer al direct na de vorige reactie, na de tweede, derde, vierde, vijfde of achtste. In Bijlage A zijn de tonen waarop moest worden gereageerd onderstreept en vetgedrukt weergegeven. Het is mogelijk dat het verschil in moeilijkheid tussen de middelhoge en hoge werklast condities kleiner is dan het verschil in moeilijkheid tussen de lage en middelhoge condities. Tevens zou het kunnen dat proefpersonen ondanks het moeilijker patroon van de hoge werklast conditie, niet meer moeite doen in deze conditie, waardoor er geen verschil in oogbewegingen te zien is. Mogelijk ervaren ze de hoge werklast conditie niet als moeilijker. In deze conditie worden echter meer fouten gemaakt dan in de middelhoge werklast conditie, wat erop wijst dat het moeilijker is.

De resultaten van de analyses met en zonder de groep proefpersonen die de teltaak anders had opgevat verschilden niet veel van elkaar. In beide gevallen maakten

de proefpersonen meer fouten op de teltaak en maakten ze minder oogbewegingen naarmate de werklast toenam. Dit geeft weer dat het verschil in moeilijkheid tussen de verschillende werklast condities van de teltaak voor de proefpersonen die de teltaak anders hadden opgevat net als voor de andere proefpersonen aanwezig was.

Vergeleken met de resultaten van het onderzoek van May et al. (1990) maakten de proefpersonen in dit onderzoek niet zulke grote oogbewegingen. De gemiddelden bedroegen 4.10, 3.36 en 3.42 graden voor respectievelijk de lage, middelhoge en hoge werklast condities voor alle proefpersonen en 4.45, 3.70 en 3.75 voor de groep proefpersonen die de teltaak goed had begrepen. In het originele onderzoek lagen deze gemiddelden rond de 25, 21 en 19 graden. In beide onderzoeken mochten de proefpersonen vrij kijken. In het huidige onderzoek moesten de proefpersonen de reacties op de laptop geven, waardoor het waarschijnlijk is dat ze veel naar het kleine, lege beeldscherm keken. In het artikel van May et al. (1990) staat niet beschreven of de proefpersonen naar een beeldscherm keken. Wel werd het hoofd gestabiliseerd. De kandidaten in het huidige onderzoek bewogen waarschijnlijk meer met hun hoofd, waarbij de ogen meebewogen en ze kleinere oogbewegingen maakten.

Een andere mogelijke oorzaak van de lage gemiddelden van amplitude is het tijdstip van de afname van de teltaak. Het onderzoek werd uitgevoerd op een spannende en drukke dag voor de kandidaten. Ze moesten die dag twee of drie vluchten uitvoeren die bepalend waren voor hun toekomstige carrière. Sommigen hadden net een vlucht achter de rug. Het zou dus kunnen dat ze afgeleid en vermoeid waren en daarom minder grote oogbewegingen maakten. Morris en Miller (1996) toonden in hun onderzoek al aan dat het aantal saccades afnam bij vermoeide piloten. Een aantal kandidaten moest na het onderzoek nog een vlucht uitvoeren. Het zou kunnen dat dat heeft meegespeeld en ze wat minder energie in de teltaak hebben gestoken. Macworth (zie May et al., 1990) stelde in 1965 al dat de zogenaamde ‘tunnelvisie’ dient om overbelasting van het verwerkingssysteem te voorkomen. Het is mogelijk dat de kandidaten al anticipeerden op een mogelijke overbelasting.

Een beperking van dit onderzoek ligt op het technische vlak. Het Jazz Synchronic systeem en het E-run programma konden niet worden gesynchroniseerd. Dit was niet mogelijk omdat het Jazz systeem via de seriële poort werkt en het E-run programma via de parallelle poort. Het E-run programma kon daardoor geen signalen

afgeven aan het Jazz systeem over het begin en het einde van de werklast condities. De tijd moest handmatig worden bijgehouden. Het begin van de eerste conditie en het einde van de derde conditie konden nog redelijk nauwkeurig worden bepaald, maar het begin en einde van de tweede conditie moesten ruw worden geschat. Hierdoor kan er een overlap van enige seconden zijn. Bovendien was het vanwege technische problemen niet mogelijk het Jazz systeem en het E-run programma op verschillende computers te laten draaien. Het is mogelijk dat het E-run programma het meten van de oogbewegingen heeft verstoord. Voor vervolgonderzoek kan beter een ander programma worden gebruikt dat wel via de seriële poort kan worden aangesloten.

De verschillen tussen de werklast condities tonen aan dat de prestaties op de gebruikte taak en de oogbewegingmaat een onderscheid kunnen maken tussen hoge en lage werklast. Het Jazz Synchronic systeem toont in elk geval een algemene belastbaarheid aan. Dit biedt ondersteuning voor het gebruik van fysiologische metingen in het onderzoek naar werklast.

## Referenties

- Backs, R.W., & Walrath, L.C. (1992). Eye movement and pupillary response indices of mental workload during visual search of symbolic displays. *Applied Ergonomics*, *23*, 243-254.
- Beatty, J. (1982). Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources. *Psychological Bulletin*, *91*, 276-292.
- Brookings, J.B., Wilson, G.F., & Swain, C.R. (1996). Psychophysiological responses to changes in workload during simulated air traffic control. *Biological Psychology*, *42*, 361-377.
- De Rivecourt, M. (2005). *De ogen als spiegels van de ziel*. Unpublished thesis. Rijksuniversiteit Groningen.
- Jorna, P.G.A.M. (1992). Spectral analysis of heart rate and psychological state: A review of its validity as a workload index. *Biological Psychology*, *34*, 237-257.
- Kompier, M., & Houtman, I. (2004). Mentale werkbelasting. In P. Voskamp, P.A.M. van Scheijndel, & K.J. Peereboom (Eds.) *Handboek Ergonomie 2004* (pp. 81-97). Alphen aan den Rijn: Kluwer.
- May, J.G., Kennedy, R.S., Williams, M.C., Dunlap, W.P., & Brannan, J.R. (1990). Eye movement indices of mental workload. *Acta Psychologica*, *75*, 75-89.
- Megaw, T. (2005). The definition and measurement of mental workload. In J.R. Wilson, & N. Corlett (Eds.) *Evaluation of human work* (pp. 525-551). Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.
- Miyake, S. (2001). Multivariate workload evaluation combining physiological and subjective measures. *International Journal of Psychophysiology*, *40*, 233-238.
- Morris, T.L. & Miller, J.C. (1996). Electrooculographic and performance indices of fatigue during simulated flight. *Biological Psychology*, *42*, 343-360.
- Mouloua, M., Deaton, J., & Hitt II, J.M. (2001). Automation and workload in aviation systems. In P.A. Hancock, & P.A. Desmond (Eds.) *Stress, Workload, and Fatigue* (pp. 334-350). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum associates.
- Ober Consulting Poland (2001). JAZZ™ Productinformation.
- Paas, F., Tuovinen, J.E., Tabbers, H., & Van Gerven, P.W.M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, *38*, 63-71.

Parasuraman, R., & Hancock, P.A. (2001). Adaptive control of mental workload. In P.A. Hancock, & P.A. Desmond (Eds.) *Stress, Workload, and Fatigue* (pp. 305-320). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum associates.

Rantanen, E.M., & Goldberg, J.H. (1999). The effect of mental workload on the visual field size and shape. *Ergonomics*, *42*, 816-834.

Roscoe, A.H. (1992). Assessing pilot workload. Why measure heart rate, HRV and respiration? *Biological Psychology*, *34*, 259-287.

Schneider, W., Eschman, A., & Zuccolotto, A. (2002). E-Prime 1.0. Pittsburgh, PA: Psychological Software Tools.

Tsang, P., & Wilson, G.F. (1997). Mental workload. In G. Salvendy (Ed.) *Handbook of human factors and ergonomics* (pp. 417-449). NY: John Wiley & Sons, Inc.

Van Gerven, P.W.M., Paas, F., Van Merriënboer, J.J.G., & Schmidt, H.G. (2004). Memory load and the cognitive pupillary response in aging. *Psychophysiology*, *41*, 167-174.

Van Orden, K.F., Limbert, W., & Makeig, S. (2001). Eye activity correlates of workload during a visuospatial memory task. *Human factors*, *43*, 111-121.

Veltman, J.A., & Gaillard, A.W.K. (1996). Physiological indices of workload in a simulated flight task. *Biological Psychology*, *42*, 323-342.

Wickens, C.D., & Hollands, J.G. (2000). Attention, time-sharing, and workload. In C.D. Wickens & J.G. Hollands (Eds.) *Engineering psychology and human performance* (pp. 439-479). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.



Tabel 1. Gemiddelde accuratesse op de teltaak per conditie en versie zonder de groep proefpersonen die de teltaak anders had opgevat (standaard deviaties worden tussen haakjes weergegeven)

Versie	Lage werklast	Middelhoge werklast	Hoge werklast
Oplopend	.92 (.12)	.80 (.25)	.71 (.16)
Aflopend	.75 (.28)	.64 (.30)	.57 (.26)
Gemiddeld	.85 (.22)	.73 (.28)	.65 (.22)

Tabel 2. Gemiddelde accuratesse op de teltaak per conditie en versie voor alle proefpersonen (standaard deviaties worden tussen haakjes weergegeven)

Versie	Lage werklast	Middelhoge werklast	Hoge werklast
Oplopend	.94 (.11)	.85 (.23)	.76 (.17)
Aflopend	.85 (.23)	.74 (.30)	.64 (.24)
Gemiddeld	.90 (.18)	.79 (.27)	.70 (.21)

Tabel 3. Gemiddelde amplitude van oogbewegingen in graden per conditie en versie zonder de groep proefpersonen die de teltaak anders had opgevat (standaard deviaties worden tussen haakjes weergegeven)

Versie	Lage werklast	Middelhoge werklast	Hoge werklast
Oplopend	4.55 (1.08)	3.60 (1.13)	3.65 (1.18)
Aflopend	4.32 (1.31)	3.84 (1.58)	3.89 (1.53)
Gemiddeld	4.45 (1.15)	3.70 (1.31)	3.75 (1.90)

Tabel 4. Gemiddelde amplitude van oogbewegingen in graden per conditie en versie voor alle proefpersonen (standaard deviaties worden tussen haakjes weergegeven)

Versie	Lage werklust	Middelhoge werklust	Hoge werklust
Oplopend	4.20 (1.17)	3.24 (1.26)	3.28 (2.02)
Aflopend	4.01 (1.21)	3.48 (1.37)	3.56 (1.35)
Gemiddeld	4.10 (1.17)	3.36 (1.30)	3.42 (1.70)

## Bijlage A

Volgorde van stimuluspresentatie

Lage werklast conditie:

H	H	H	<u>H</u>	M	M	M	<u>M</u>	L	L	L	<u>L</u>
M	M	M	<u>M</u>	H	H	H	<u>H</u>	L	L	L	<u>L</u>
H	H	H	<u>H</u>	L	L	L	<u>L</u>	M	M	M	<u>M</u>
H	H	H	<u>H</u>	M	M	M	<u>M</u>	H	H	H	<u>H</u>
L	L	L	<u>L</u>	M	M	M	<u>M</u>	L	L	L	<u>L</u>

Middelhoge werklast conditie:

H	H	L	L	M	M	H	<u>H</u>	L	<u>L</u>	M	<u>M</u>
H	H	M	M	L	L	H	<u>H</u>	M	<u>M</u>	H	H
L	<u>L</u>	M	M	L	L	H	<u>H</u>	L	<u>L</u>	M	<u>M</u>
H	H	M	M	L	L	M	<u>M</u>	L	<u>L</u>	M	M
H	<u>H</u>	L	L	H	H	L	<u>L</u>	M	<u>M</u>	H	<u>H</u>

Hoge werklast conditie:

H	M	L	H	M	H	L	M	<u>H</u>	L	<u>M</u>	<u>L</u>
H	M	H	L	H	M	L	L	<u>H</u>	M	<u>L</u>	H
<u>M</u>	L	M	H	L	H	L	M	<u>L</u>	<u>H</u>	L	M
H	<u>M</u>	L	H	L	M	<u>L</u>	H	M	<u>H</u>	M	L
<u>M</u>	H	L	M	H	M	H	L	M	<u>H</u>	<u>M</u>	<u>L</u>

*Noot:* H = hoge toon; M = middelhoge toon; L = lage toon

## Bijlage B

Instructies voor de teltaak

Bedankt dat je wilt deelnemen aan deze taak. Bij elkaar zal het ongeveer een kwartier in beslag nemen.

Je krijgt zo de Jazz sensor op. Om de signalen om te kunnen zetten is het de bedoeling dat je fixeert op de fixatiepunten op de muur. Je fixeert eerst op het middelste punt voor ongeveer twee seconden. Vervolgens twee seconden op het punt links, daarna weer op het punt in het midden, gevolgd door rechts, midden, boven, midden, onder en weer terug op het midden. Het is belangrijk dat je na elk punt, weer op het middelste punt fixeert. Steeds voor ongeveer twee seconden. Het is de bedoeling dat je je hoofd stil houdt en alleen je ogen beweegt. Na het fixeren mag je vrij bewegen.

Voor de taak houd je de sensor op en krijg je ook de koptelefoon op. Tijdens de taak wordt het beeld wit. Je krijgt drie verschillende tonen te horen; lage, middelhoge en hoge. Deze moet je afzonderlijk van elkaar tellen. Na elke vierde lage toon druk je op de '1', na elke vierde middelhoge toon op de '2' en na elke vierde hoge toon op de '3'. Om snel te kunnen reageren houd je je vingers bij de knoppen. Zodra je een toets indrukt, wordt de teller weer op '0' gezet voor de toon die je als laatste hebt gehoord. Dus als je per ongeluk op een van de toetsen drukt of als je erachter komt dat je op een verkeerde toets hebt gedrukt, moet je toch opnieuw beginnen met tellen voor de toon die je als laatste hebt gehoord. Je krijgt eerst de drie tonen te horen van laag naar hoog. Vervolgens krijg je een oefengedeelte en daarna de taak. Na elk van deze fasen heb je de gelegenheid om vragen te stellen als dat nodig is.