MENTAL COUNTERS TAAK

Bachelorproject

Maaike Waalkens, s1506412, m.s.waalkens@ai.rug.nl

Samenvatting: De mental counters taak werd in het verleden gezien als een taak die de grootte van het werkgeheugen meet. Maar in recent onderzoek, waarin de taak gemodelleerd is, waren er sterke aanwijzingen dat een groot deel van de gemaakte fouten door interferentie veroorzaakt wordt. Om erachter te komen welk aspect van het werkgeheugen de taak meet zijn er meer condities aan toegevoegd.

Het aantal fouten in de taak gaat niet omhoog als er meer verschillende dingen onthouden moeten worden en dus meer van het werkgeheugen wordt gevraagd. Het aantal fouten neemt wel toe als er meer interferentie is. Dit is een sterke aanwijzing dat niet de grootte, maar de interferentie van het werkgeheugen gemeten wordt.

1. Inleiding

Er zijn verschillende taken die het werkgeheugen meten. Maar wat meten de verschillende taken precies? Waarin meten ze verschillende dingen en vooral: wordt er eigenlijk wel gemeten wat de onderzoeker wilde meten? Deze vragen met betrekking tot de taak validiteit zijn lastig te beantwoorden. Een manier om meer duidelijkheid te verkrijgen is het modelleren van de taak. Maar ook met voldoende gevarieerde data en een kritische blik kunnen de resultaten van de experimenten sterke aanwijzingen geven over wat er precies gemeten wordt.

Het huidige onderzoek is de mental counters taak. Deze taak werd in het verleden gezien als een taak die de grootte van het werkgeheugen meet (Joslyn & Hunt, 1988; Huizinga, Dolan & van der Molen, 2006). Een uitgebreide referentielijst staat in: (Borst, van Rijn, Huizinga, submitted). Recentelijk onderzoek (Borst et al. submitted) toonde aan dat er aanwijzingen zijn dat de mental counters taak niet de grootte, maar de interferentie van het werkgeheugen meet. Dit gegeven was de aanleiding om de taak verder te onderzoeken.

Bij de mental counters taak moet de waarde van verschillende tellers bijgehouden worden. De waarde van een teller wordt telkens of opgehoogd met één of verlaagd met één. In een recent experiment (Huizinga et al. 2006) was het aantal verschillende tellers dat bijgehouden moest worden twee of drie. De resultaten van dat onderzoek staan in Tabel 1. In de tabel is te zien dat bij drie tellers de accuracy hoger is dan bij twee tellers.

Tabel 1.1 Experimentele resultaten van Huizinga et al. 2006 – Accuracy

	Serielengte 5	Serielengte 7	gemiddelde
2 tellers	92,1	90,2	91,2
3 tellers	97,0	92,3	94,6
gemiddelde	94,5	91,3	92,9

Deze resultaten zijn tegen intuïtief als het om een taak gaat die de grootte van het werkgeheugen meet. Bij een taak die de grootte van het werkgeheugen meet zou je verwachten dat het bijhouden van drie tellers lastiger is dan het bijhouden van twee tellers. Omdat er bij drie tellers méér van het werkgeheugen gevraagd wordt. Maar de resultaten waren precies andersom: bij twee tellers werden meer fouten gemaakt.

Om dit opmerkelijke resultaat verder te onderzoeken is de taak gemodelleerd in ACT-R (Anderson, 2007). Dit model (Borst et al. Submitted) gaf belangrijke informatie over de taak en informatie over de oorzaak van de gemaakte fouten. Een opvallende ontdekking was dat er sterke aanwijzingen zijn dat de meeste fouten veroorzaakt worden door interferentie. Deze fouten correleerden niet met de werkgeheugen grootte van ACT-R. Dit is, samen met de tegen intuïtieve resultaten, een aanwijzing dat de taak niet de grootte van het werkgeheugen meet.

Om meer duidelijkheid te krijgen over de taak en erachter te komen wat er nu precies gemeten wordt is het oorspronkelijke experiment van Huizinga et al. uitgebreid. Er zijn extra condities toegevoegd waardoor beter te zien is wanneer er meer fouten gemaakt worden. Door de hoeveelheid gemaakte fouten, hoeveelheid interferentie en de hoeveelheid tellers dat

bijgehouden moet worden per conditie met elkaar te vergelijken krijg je meer duidelijkheid over oorzaak van de fouten. Met het uiteindelijke doel om erachter te komen welk aspect van het wekgeheugen de taak meet.

De onderzoeksvraag is: Meet de mental counters taak de grootte of de interferentie van het werkgeheugen? De verwachting is, gebaseerd op de resultaten van het cognitieve model (Borst et al. submitted) en de tegen intuïtieve resultaten (Huizinga et al. 2006), te bevestigen dat de taak de interferentie van het werkgeheugen meet.

2. Methode

2.1 Het experiment

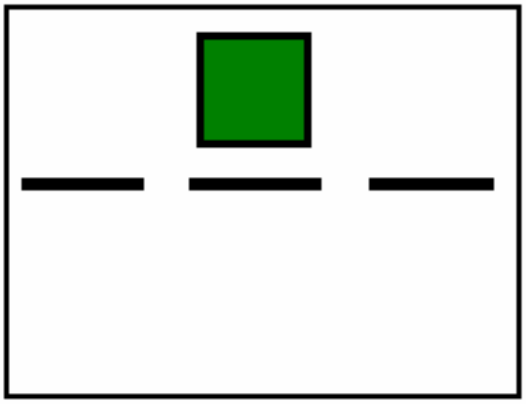
De mental counters taak is een taak waarbij de waarde van verschillende tellers bijgehouden moet worden. In beeld verschijnen tussen de twee en vijf horizontale strepen, elke streep is een aparte teller en begint met de waarde nul. Elke 1000 ms verschijnt er een blokje boven of onder een van de tellers. Verschijnt er een blokje boven de teller, dan wordt de teller met één verhoogd. Verschijnt er een blokje onder de teller, dan wordt de teller met één verlaagd. De tellers kunnen geen negatieve waarde aannemen. Van tevoren staat er een targetwaarde in beeld. Als een van de tellers de targetwaarde bereikt heeft moet er zo snel mogelijk op de spatiebalk gedrukt worden. In Figuur 2.1 staat een voorbeeld van de mental counters taak.

2.2 Proefpersonen

Het experiment is door 18 proefpersonen uitgevoerd (4 vrouwen), in de leeftijd van 18 tot en met 34 jaar (gemiddelde 22,6). Alle proefpersonen waren student en hadden een goed gezichtsvermogen. Voorafgaand aan het experiment hebben een formulier getekend waarin ze geïnformeerde toestemming gaven om mee te doen met het experiment.

2.3 Apparatuur, hardware/software

De proefpersonen maakten de taak achter de computer, via een tweede scherm keek de experimentator mee met de proefpersoon. Het experiment is geschreven in de programmeertaal python. De proefpersonen maakten alleen gebruik van de spatiebalk.



Figuur 2.1: Voorbeeld van de mental counters taak

2.4 Condities

Het experiment heeft 32 verschillende condities. Deze variëren binnen de proefpersonen. Er wordt gevarieerd met de targetwaarde, de reekslengte en het aantal tellers.

De targetwaarde is 2 of 4. De reekslengte, het aantal blokjes dat verschijnt totdat de targetwaarde wordt bereikt, is 5, 7, 9 en 11. Het aantal tellers is 2, 3, 4 en 5.

In het experiment van Huizinga et al. werden targetwaarden 2, 3 en 4 gebruikt, in dit experiment alleen 2 en 4. De reden dat 3 er niet bij zit is dat het experiment dan te lang duurt. Bij een te lang experiment raken de proefpersonen eerder vermoeid en verveeld, waardoor de taak minder goed wordt uitgevoerd en de resultaten van die trials niet waardevol zijn voor dit experiment. Om het verschil tussen de targetwaarden zo duidelijk mogelijk te maken is voor verder uit elkaar liggende targetwaarden gekozen.

In de vorige experimenten verschilde de tijd tussen de verschillende blokjes in een trial (Huizinga et al. 2006) of tussen verschillende trials (Larson, Merritt & Williams, 1988). Om zo min mogelijk onnodige variatie in de resultaten te krijgen is dit veranderd en verschijnt elke 1000 ms. een blokje.

2.5 Procedure

Het experiment bestaat uit vier oefentrials en twee blokken van elk 64 trials. De ene helft krijgt eerst een blok met targetwaarde 2, en daarna een blok met targetwaarde 4, de andere helft andersom. De volgorde van de verschillende combinaties van reekslengte en aantal tellers

wordt random bepaald. Elke unieke combinatie komt precies vier keer voor.

Per trial verscheen eerst de targetwaarde in beeld, na 2000 ms. verschenen de tellers en na 1000 ms. het eerste blokje. Elke 1000 ms. verschijnt er een nieuw blokje. Deze bleef 700 ms. in beeld en de 300 ms. erna was het niet meer in beeld. Nadat de targetwaarde bereikt is blijven er blokjes verschijnen, ze verschijnen dan alleen boven de tellers. Dit om een trial, als de targetwaarde al bereikt is, niet onnodig lang te laten duren. Als er op de spatiebalk is gedrukt begint de volgende trial. Na elke 16 trials verschijnt er feedback in beeld, in de vorm van het aantal goede en foute trials.

2.6 Gebruikte maten

Per conditie wordt het aantal goede en foute trials gemeten. Daaruit wordt de accuracy berekend van die conditie. Een trial is goed als de proefpersoon op de spatiebalk drukt als de targetwaarde bereikt is en voordat het volgende blokje in beeld is. Dit is maximaal 1000 ms na het verschijnen van het blokje waardoor de targetwaarde bereikt wordt.

2.7 Databewerking

Om de resultaten te testen op significantie is er een variantie analyse gebruikt.

3. Resultaten

Per conditie is de accuracy berekend. Per onafhankelijke variabele (reekslengte, targetwaarde en aantal tellers), is via variantie analyse gekeken of de verschillende condities significant van elkaar verschilden.

De proefpersonen waren in twee groepen verdeeld. De ene groep begon met trials met targetwaarde 2 en de andere groep met targetwaarde 4. Tussen deze groepen was geen duidelijk verschil, waardoor beide groepen in de resultaten samengevoegd zijn.

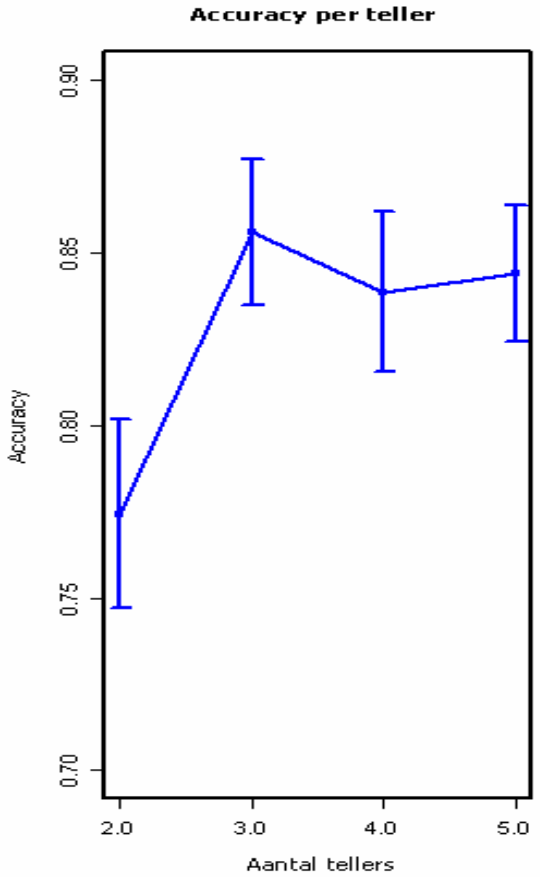
Er is een significant verschil van de accuracy afhankelijk van het aantal tellers, $F(1,17) = 6{,}600$, $p < 0.001$. Bij 2 tellers worden de meeste fouten gemaakt, bij 3, 4 en 5 tellers worden minder fouten gemaakt. Dit resultaat is te zien in Figuur 3.1.

De accuracy afhankelijk van de serielengtes geeft ook een significant verschil. $F(1,17) = 43{,}168$, $p < 0{,}001$. Naarmate de series langer worden, worden er meer fouten gemaakt. Dit resultaat is te zien in Figuur 3.2.

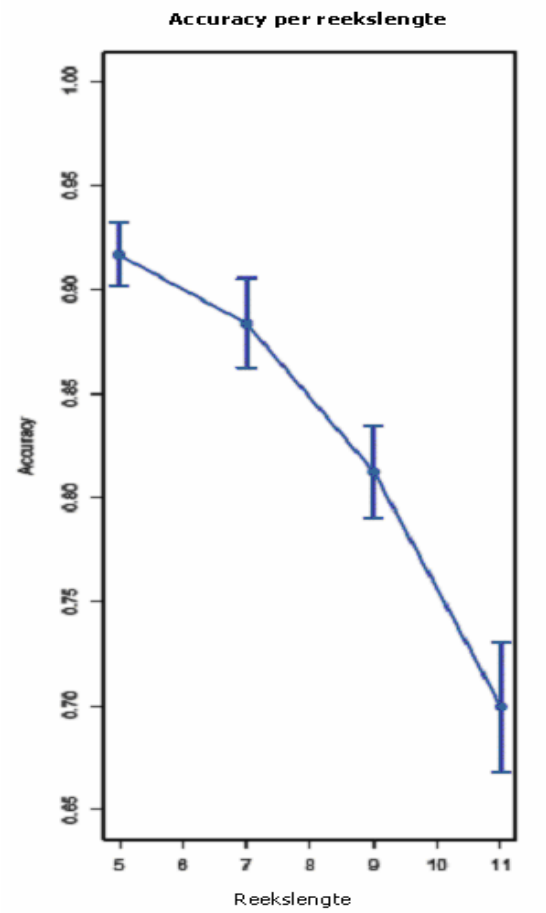
De accuracy afhankelijk van de targetwaarde is ook significant. $F(1,17) = 5{,}636$, $p = 0.03$. Bij targetwaarde 2 worden meer fouten gemaakt dan bij targetwaarde 4. Dit resultaat is te zien in Figuur 3.3.

Er is een significant interactie effect van het aantal tellers en de targetwaarde op de accuracy. $F(1,17) = 4{,}421$, $p < 0.01$. Bij targetwaarde 2 is de accuracy het laagst, bij 3 hoger en bij 4 nog hoger. Bij 5 tellers neemt de accuracy weer af. Bij targetwaarde 4 is het foutpatroon anders. Bij 2 het laagst, bij 3 hoger, bij 4 weer lager en bij 5 weer hoger. Dit resultaat is te zien in Figuur 3.4 en Figuur 3.5.

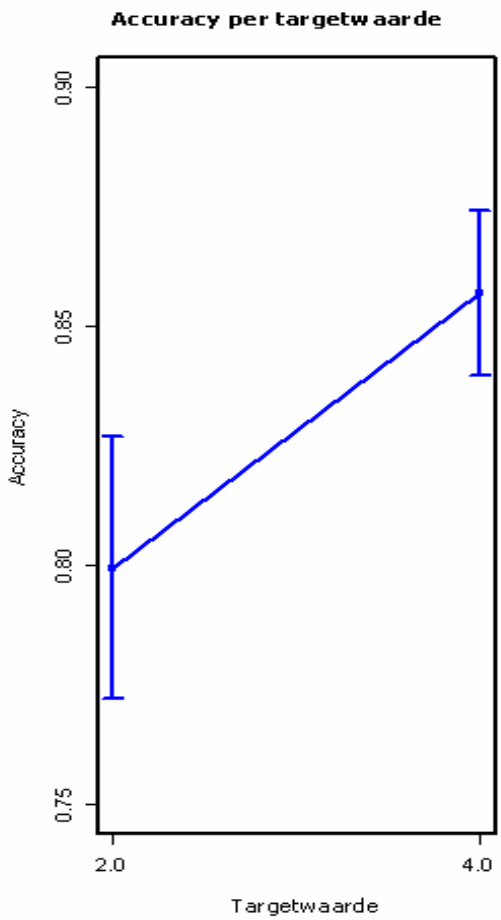
Er is een significant interactie effect van de serielengte en de targetwaarde op de accuracy. $F(1,17) = 4{,}813$, $p < 0{,}01$. Bij targetwaarde 4 ligt de accuracy van de verschillende serielengtes verder uit elkaar dan bij targetwaarde 2. Dit resultaat is te zien in Figuur 3.4 en Figuur 3.5.



Figuur 3.1: Accuracy per teller.



Figuur 3.2: Accuracy per reekslengte.



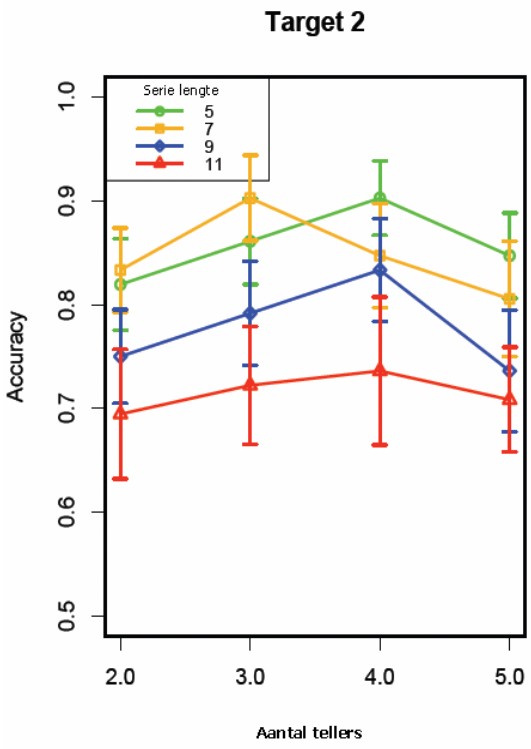
Figuur 3.3: Accuracy per targetwaarde.

4. Discussie

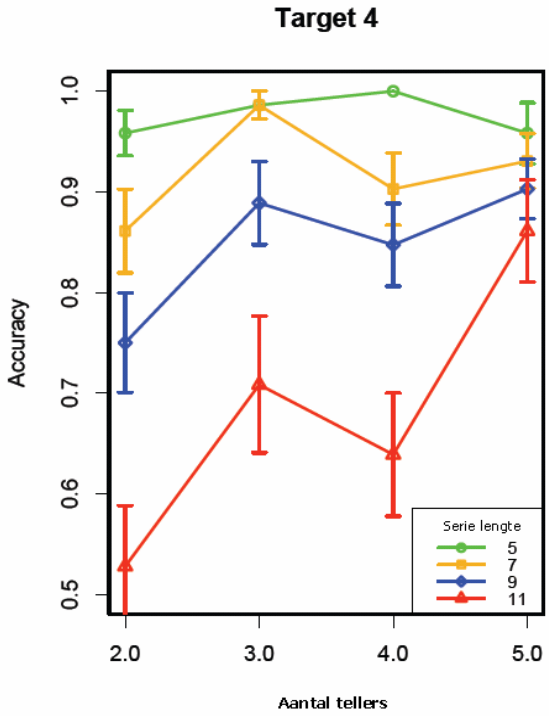
Het doel van dit experiment is erachter te komen welk aspect van het werkgeheugen de mental counters taak meet: de grootte of de interferentie. De taak werd in het verleden gebruikt om de grootte van het werkgeheugen te meten maar recentelijk onderzoek (Borst et al. submitted) heeft met behulp van een cognitief model aangetoond er aanwijzingen zijn dat het grootste gedeelte van de gemaakte fouten door interferentie komt.

Interferentie treedt op als een teller "vaker over dezelfde waarde heen gaat". Als een teller een paar keer tussen de waarde 1 en 2 heen en weer gaat, dan zijn de chunks in het werkgeheugen die 1 en 2 representeren erg geactiveerd. Als de teller dan verhoogd wordt naar waarde 3, dan is de activatie van de chunk die 3 representeert niet groot genoeg om boven de activatie van de chunks met de waarde van 1 en 2 uit te komen, en denkt de proefpersoon nog steeds dat de waarde van de teller 2 is. Uit het model bleek dat deze fout niet gecorreleerd is met de werkgeheugengrootte. Iets wat wel te verwachten zou zijn als het om een taak gaat die de grootte van het werkgeheugen meet.

Als er meer fouten gemaakt worden wanneer er meer tellers zijn en er meer verschillende waarden onthouden moeten worden, is dat een aanwijzing dat de taak de interferentie van het werkgeheugen meet. De verwachting is, gebaseerd op het cognitieve model (Borst et al. submitted) en de tegen intuïtieve resultaten (Huizinga et al. 2006) te bevestigen dat de taak de interferentie van het werkgeheugen meet. Hieronder worden de verschillende resultaten apart besproken.



Figuur 3.4: Accuracy van de verschillende condities met targetwaarde 2.



Figuur 3.5: Accuracy van de verschillende condities met targetwaarde 4.

4.1 Aantal tellers

Bij 2 tellers worden significant meer fouten gemaakt dan bij 3, 4 of 5 tellers. Dit lijkt in eerste instantie niet logisch, omdat er bij 2 tellers ook maar 2 waarden bijgehouden hoeven te worden, terwijl bij meer tellers meerdere waarden onthouden moeten worden. Als de taak de werkgeheugencapaciteit zou meten dan zou je verwachten dat er bij meer tellers ook meer fouten gemaakt worden, aangezien dat meer van de capaciteit van het werkgeheugen vraagt. Het foutpatroon kan verklaard worden doordat er bij 2 tellers meer interferentie is. Bij gelijke reekslengte en targetwaarde zijn er per teller meer veranderingen, waardoor de teller vaker over dezelfde waarde heen gaat. Hierdoor neemt de interferentie toe en worden er meer fouten gemaakt.

Het verschil in accuracy tussen 2 en 3 tellers is vrij groot. De verschillen tussen 3, 4 en 5 tellers zijn veel kleiner. De interferentie neemt tussen 2 en 3 tellers sterker af dan tussen 3 en 4 tellers. 3 tellers is de helft meer dan 2 tellers, terwijl 4 niet de helft meer is als 3. Bij meer tellers neemt de interferentie af, maar wel steeds langzamer. De accuracy verschilt vanaf 3 tellers ook minder doordat de taak bij een groot aantal tellers ook op andere aspecten van het werkgeheugen een beroep doet. Ook al is er bij 5 tellers minder interferentie dan bij 3 en 4 tellers, toch is dat niet duidelijk terug te zien in de resultaten. De taak wordt makkelijker met meer tellers doordat er minder interferentie is, maar de taak wordt op een gegeven moment lastiger doordat andere aspecten van het werkgeheugen ook een rol gaan spelen. Bij een groter aantal tellers lijkt het erop dat er ook een beroep gedaan wordt op de grootte van het werkgeheugen.

4.2 Reekslengte

Bij langere reekslengtes worden significant meer fouten gemaakt dan bij kortere reekslengtes. Bij een gelijke targetwaarde en een gelijk aantal tellers zijn er bij langere reeksen meer veranderingen per teller waardoor er meer interferentie is en meer fouten gemaakt worden.

Niet alle fouten bij een langere reekslengte worden veroorzaakt door interferentie. Er is altijd een kans op een vergissing en die kans is in een langere reeks

groter dan in een kortere. Maar het aantal fouten neemt exponentieel toe als de reekslengten langer worden. Als de extra fouten enkel door de extra kans op vergissingen zouden komen dan zou het aantal fouten lineair toenemen. Een groot gedeelte van de fouten bij langere reekslengten wordt waarschijnlijk door interferentie veroorzaakt.

4.3 Targetwaarde

Bij targetwaarde 2 zijn significant meer fouten gemaakt dan bij targetwaarde 4. In eerste instantie lijkt targetwaarde 4 lastiger, omdat er dan tot 4 moet worden geteld in plaats van tot 2. Dit in eerste instantie niet logisch lijkende verschil kan verklaard worden door interferentie. Bij gelijke reekslengte en gelijk aantal tellers is er bij een lagere targetwaarde meer interferentie. Bij een targetwaarde van 2 kan de teller waarden 0, 1 en uiteindelijk 2 aannemen. Bij een targetwaarde van 4 kan de teller waarden 0, 1, 2, 3 en uiteindelijk 4 aannemen. Bij een lagere targetwaarde kan een teller minder verschillende waarden aan nemen en gaat een teller vaker over een bepaalde waarde heen, wat meer interferentie en daardoor meer fouten veroorzaakt.

Bij het vorige experiment (Huizinga et al. 2006) worden de verschillende targetwaarden niet apart besproken, maar deze variabele blijkt juist veel invloed op de taakprestaties te hebben. Er zijn grote verschillen in de resultaten met targetwaarde 2 en targetwaarde 4.

4.4 Aantal tellers/Targetwaarde

Er is een significant interactie effect van het aantal tellers en de targetwaarde op de accuracy. Dit is te zien in figuur 3.4 en figuur 3.5. De verschillen in de accuracy bij verschillend aantal tellers zijn bij targetwaarde 4 groter dan bij targetwaarde 2. Ook het foutpatroon bij de beide targetwaarden is anders. Bij targetwaarde 2 neemt het aantal fouten tot en met 4 tellers af als het aantal tellers toeneemt. Het aantal fouten neemt bij 5 tellers weer toe. Bij targetwaarde 4 is het patroon ingewikkelder, er zit een “knik” in de grafiek. Bij 2 tellers worden de meeste fouten gemaakt, bij 3 tellers een stuk minder en bij 4 tellers weer meer, daarna bij 5 tellers weer minder fouten.

Allereerst de resultaten met targetwaarde 2. Deze zijn goed te verklaren door enkel het verschil in interferentie. Des te meer tellers, des te minder interferentie en des te minder fouten. Wel zit een grens aan het aantal tellers dat bijgehouden kan worden. Deze grens lijkt bij 5 tellers bereikt. Hier neemt het aantal fouten weer toe ondanks dat de interferentie wel omlaag gaat. Deze fouten worden waarschijnlijk door een ander mechanisme veroorzaakt. Een goede kandidaat lijkt de grootte van het werkgeheugen, dat door 5 verschillende tellers onthouden zwaarder belast wordt.

Bij targetwaarde 4 is de helft, 2 en 3 tellers, nog redelijk goed te verklaren met interferentie. Bij 2 tellers is er meer interferentie dan bij 3 tellers waardoor er bij 2 tellers meer fouten gemaakt worden. Dit verschil is alleen bij targetwaarde 4 een stuk groter dan bij targetwaarde 2. De combinatie van de extra moeilijkheid van tot 4 tellen en veel interferentie door maar 2 tellers zorgt ervoor dat er een stuk meer fouten gemaakt worden.

De resultaten met targetwaarde 4 zijn vanaf 4 tellers niet goed meer met interferentie te verklaren. Bij 4 tellers is er minder interferentie dan bij 3 tellers, maar toch worden meer fouten gemaakt. Bij 5 tellers is er nog minder interferentie en hier worden wel een stuk minder fouten gemaakt. Door deze “knik” gaat het principe van hoe meer tellers, hoe minder interferentie en daardoor minder fouten niet op. Waardoor het wel komt is lastig te zeggen maar waarschijnlijk komen resultaten door een combinatie van interferentie, meerdere tellers bijhouden en tot 4 tellen. Maar waarom precies de combinatie van aspecten er bij 4 tellers voor zorgt dat er meer fouten gemaakt worden dan bij 3 en 5 tellers is lastig te zeggen. Ondanks de lastige te verklaren resultaten bij targetwaarde 4 geven ook daar de resultaten met 2 en 3 tellers een aanwijzing dat de taak de interferentie meet.

Het interactie effect van het aantal tellers en de targetwaarde op de accuracy lijkt veroorzaakt te worden door het verschil in interferentie tussen de beide targetwaarden en de extra moeilijkheid van het doortellen tot 4 bij targetwaarde 4.

4.5 Reekslengte/Targetwaarde

Er is een significant interactie effect van de reekslengte en de targetwaarde op de accuracy.
Dit is te zien in figuur 3.4 en 3.5. Het verschil in accuracy bij de verschillende reekslengten is bij targetwaarde 4 een stuk groter dan bij targetwaarde 2. De condities waar weinig fouten gemaakt worden, worden bij targetwaarde 4 veroorzaakt door een gebrek aan interferentie. Bij reekslengte 5 is er geen interferentie, daardoor worden er minder fouten gemaakt dan bij dezelfde reekslengte en targetwaarde 2. Targetwaarde 4 kan in 5 stappen alleen bereikt worden door 4 blokjes boven één teller te plaatsen en 1 blokje boven een andere teller waardoor de tellers niet vaker over een zelfde waarde heen kunnen gaan. Ook bij een reekslengte van 7 is de interferentie gering en worden er bij targetwaarde 4 minder fouten gemaakt dan bij dezelfde reekslengte met targetwaarde 2. Dit geldt ook in mindere mate voor reekslengte 9. Bij reekslengte 11 worden er bij targetwaarde 4 meer fouten gemaakt. Ondanks dat bij targetwaarde 2 en reekslengte 11 meer interferentie is worden er meer fouten gemaakt bij targetwaarde 4. Bij targetwaarde 4 komt er minder snel interferentie voor, maar als er eenmaal interferentie is (bij lange reekslengten) dan worden er ineens meer fouten gemaakt dan bij targetwaarde 2. Waarschijnlijk maakt de combinatie van de moeilijkheid van tot vier tellen samen met interferentie dat er meer fouten gemaakt worden. Het verschil tussen de beide targetwaarden wordt veroorzaakt door een verschil in interferentie en doordat er bij targetwaarde 4 naast interferentie ook andere aspecten de taak beïnvloeden.

4.6 Gebruik van de taak

Als de test gebruikt wordt om de interferentie te meten hebben de condities invloed op de taak validiteit. Het is belangrijk om te weten binnen welke grenzen de test bruikbaar is om interferentie te meten.

Targetwaarde 4 kan beter niet gebruikt worden. Aangezien er daarbij vaak geen interferentie optreedt, kan dat aspect van het werkgeheugen in die gevallen ook niet gemeten kan worden. Als de condities zo zijn dat bij targetwaarde 4 wel interferentie is, dan zijn er ook andere aspecten, vooral de moeilijkheid van tot 4 tellen, dat de resultaten beïnvloeden. Hoe dit precies zit is met dit onderzoek niet duidelijk geworden. Misschien dat een cognitief model een beter antwoord kan geven op de vraag hoe de extra aspecten bij targetwaarde 4 de taak beïnvloeden. Met de kennis tot nu toe is targetwaarde 4 minder betrouwbaar dan targetwaarde 2 om de interferentie te meten.

Het experiment werkt ook beter met maximaal 4 tellers, bij de vijfde teller worden andere aspecten van het werkgeheugen gebruikt, dit is te zien aan de resultaten bij targetwaarde 2. Bij targetwaarde 2 neemt het aantal fouten af als het aantal tellers toeneemt en daardoor de interferentie afneemt, maar bij 5 tellers gaat dit niet meer op.

Voor verder onderzoek is het interessant om te kijken wat de resultaten van targetwaarde 3 zijn. Misschien dat met die resultaten meer duidelijk kan worden over hoeveel het verder doortellen invloed heeft op de accuracy.

4.7 Conclusie

De resultaten geven sterke aanwijzingen dat de mental counters taak niet de grootte, maar de interferentie van het werkgeheugen meet.
Op het moment dat er meer werkgeheugen capaciteit nodig is voor de taak, als er meer tellers bijgehouden moeten worden, worden er minder fouten gemaakt. Dit is een sterk bewijs dat de taak niet de grootte van het werkgeheugen meet. De resultaten bevestigen juist dat de taak de interferentie meet. Als bepaalde condities meer interferentie veroorzaken worden er meer fouten gemaakt. De interferentie kan verhoogd worden door het aantal tellers laag te houden, de reekslengte te verhogen en de targetwaarde laag te houden. Bij 2 tellers worden er significant minder fouten gemaakt dan bij 3, 4 of 5 tellers. Bij langere reekslengten is ook meer interferentie, en ook daar worden meer fouten gemaakt. Ook bij een lagere targetwaarde is meer interferentie en daardoor ook meer fouten. Om de taak validiteit hoog te houden is het nuttig de targetwaarde laag te houden en niet teveel tellers te gebruiken.

Referenties

Anderson, J.R. (2007). *The image of complexity. In the 29th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Nashville, Tennessee, USA.

Borst, J., & Rijn, H. van, Huizinga, M. (nog niet verschenen). Modeling the Mental Counters task: Which aspects of Working Memory are being measured? *Submitted.*

Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia, 44(11)*, 2017–2036.

Joslyn, S., & Hunt, E. (1998). Evaluating Individual Differences in response to time pressure situations. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 4(1), 16–43.

Larson, G.E., Merritt, C.R., & Williams, S.E. (1988). Information Processing and intelligence: Some implications of Task Complexity. *Intelligence,* 12, 13-147.