



Vrije
Universiteit
Brussel

Sien Rommelaere

Las Mil y Una Noches

Slapend leren: een experiment naar de versterking van de geheugenconsolidatie van net geleerde

Spaanse woorden via auditieve stimulatie in de slaap

Vrije Universiteit Brussel

Faculteit der Letteren en Wijsbegeerte

Studiegebied Taal- en Letterkunde

Promotor: Professor dr. Piet Van de Craen



Proeve ingediend voor het behalen van de graad van

Master in de Taal- en Letterkunde: Nederlands

Academiejaar 2013-2014



Vrije
Universiteit
Brussel

Sien Rommelaere

Las Mil y Una Noches

Sleep learning: an experiment to strengthen the memory consolidation of newly learned Spanish words through auditory stimulation during sleep

Vrije Universiteit Brussel

Faculteit der Letteren en Wijsbegeerte

Studiegebied Taal- en Letterkunde

Promotor: Professor dr. Piet Van de Craen



Proeve ingediend voor het behalen van de graad van

Master in de Taal- en Letterkunde: Nederlands

Academiejaar 2013-2014

Ik verklaar plechtig dat ik de masterproef, *'Las Mil y Una Noches: Slapend leren: een experiment naar de versterking van de geheugenconsolidatie van net geleerde Spaanse woorden via auditieve stimulatie in de slaap'*, zelf heb geschreven.

Ik ben op de hoogte van de regels i.v.m. plagiaat en heb erop toegezien om deze toe te passen in deze masterproef.

Datum

Naam + handtekening

*'Sleep is when all the unsorted stuff comes flying out
as from a dustbin upset in a high wind'*

(William Golding)

Abstract

Author: Sien Rommelaere

Title: Las Mil y Una Noches: *Sleep learning: an experiment to strengthen the memory consolidation of newly learned Spanish words through auditory stimulation during sleep*

University: Vrije Universiteit Brussel

Supervisor: Prof. dr. Piet Van de Craen

Year: 2013-2014

Keywords: sleep, slow-wave sleep, aging, language acquisition, learning, implicit learning, explicit learning, hippocampus, memory, declarative memory, memory consolidation, auditory stimulation

Several studies proved that memory consolidation during sleep for recently acquired information can be improved by targeted stimulation of the sleeping brain. In this experiment, 42 participants, 21 aged 18 to 23 and 21 aged 45 to 55, studied forty Spanish words. Each word was linked to an object-related sound. Before bedtime all participants were examined on sixteen studied words. Approximately half of the participants of each group were re-exposed to eight of the object-related sounds during slow-wave sleep. The other half, the control group, heard nothing. In the morning all participants had to take the same test again. Although a slight increase of the test scores within the group that had been exposed to the sounds was found, it was not significant enough to conclude that it was the result of the auditory stimulation.

Samenvatting

Deze masterscriptie is een onderzoek dat peilt naar de mogelijkheid om de geheugenconsolidatie van net geleerde Spaanse woorden via auditieve stimulatie tijdens de slaap te versterken. Daarvoor werden in totaal 42 proefpersonen geselecteerd: 21 individuen tussen de leeftijd van 18 en 23 jaar en 21 personen binnen de leeftijdscategorie van 45 tot en met 55 jaar. Alle proefpersonen dienden een opleiding op hogeschool of universiteit te volgen of gevolg te hebben. Een andere belangrijke voorwaarde was dat ze allemaal een normaal slaappatroon hadden. In totaal werden met elke testpersoon drie afspraken gemaakt. De eerste afspraak vond 's avonds plaats. Aan de hand van oefeningen via een computerprogramma leerden de deelnemers 40 Spaanse woorden, waaraan telkens een betekenisvol geluid gekoppeld was (bv. woord 'hond', geluid 'geblaf'). Op die manier maakten ze, door de veelvuldige herhaling van de geluiden, impliciet de koppeling tussen de Spaanse woorden en de geluiden (Hulstijn 2005). Na de oefensessie, een kwartier na het leren, werden de deelnemers voor 16 van de 40 Spaanse woorden ondervraagd. Bij elk woord was opnieuw het bijpassende geluid te horen.

Ongeveer de helft van de proefpersonen binnen elke leeftijdscategorie kreeg acht geluiden tijdens de daaropvolgende nacht in de slow-wave sleep (SWS) te horen (experimentele groep). De auditieve stimulatie moest in de SWS plaatsgrijpen, omdat het leren van woordenschat een declaratieve geheugentaak is en de consolidatie daarvan zich voornamelijk tijdens dit stadium van de slaap voordoet (Rasch 2013). De andere helft van de proefpersonen binnen elke leeftijdscategorie kreeg in de slaap niets te horen (controlegroep).

De tweede afspraak vond de ochtend na de slaap plaats. Daarbij dienden de deelnemers opnieuw dezelfde test als de avond voordien te maken.

De derde en laatste afspraak deed zich een week later dan de eerste sessie voor. Opnieuw werden dezelfde 16 woorden ondervraagd.

De hoofdverwachting was dat de experimentele groep, ten gevolge van de auditieve stimulatie, een hogere score op de test in de ochtend in vergelijking met de test de avond voordien en in vergelijking met de controlegroep zou behalen. Dit werd zowel voor hun algemene testscore als voor hun testprestatie op de acht woorden, waarvan ze tijdens de nacht aan de geluiden blootgesteld waren, verwacht. De auditieve stimulatie zou immers de geheugenconsolidatie voor die woorden selectief bevorderen (van Dongen 2013).

De volgende prognose was dat alle proefpersonen, ongeacht of ze aan de auditieve stimulatie blootgesteld waren of niet, een hogere score op de test in de ochtend na de slaap in vergelijking met de test de avond voordien zouden behalen. In de slaap wordt meer bepaald de recent verworven kennis, door middel van reactivering van de hersengebieden die betrokken waren bij het leren van die kennis, verwerkt (van Dongen 2013). Daarbij werd wel vermoed dat de stijging bij de jongeren groter zou zijn dan bij de ouderen. De hersenen van de jongste deelnemers zijn namelijk nog flexibeler dan die van de oudere proefpersonen (Mönks 2009). Daarnaast vertoeven ze nog in het schoolse milieu, waardoor ze het snel en efficiënt verwerken van leerstof nog niet ontgroeid zijn.

Verder werd een terugval van de prestaties van alle proefpersonen op de test van een week later verwacht, ten gevolge van de tijdsperiode die erover ging en de interferentie van nieuwe informatie (Rasch 2013).

Voor de hoofdhypothese kon er zowel bij de experimentele- als bij de controlegroep een lichte toename in prestatie van de test in de avond naar de test in de ochtend waargenomen worden. Dit was zowel voor de algemene testresultaten als voor de score op de acht woorden het geval. Deze stijging bleek echter voor beide groepen niet significant te zijn. Daarnaast kon er ook geen significant verschil tussen de resultaten op de test in de ochtend tussen de experimentele- en de controlegroep opgetekend worden. De stijging bij de experimentele groep op de test 's ochtends kon bijgevolg niet vanuit de auditieve stimulatie verklaard worden. Deze uitkomst kan mogelijk verklaard worden door het ontwaken van de proefpersonen tijdens de nacht en/of doordat de geluiden niet tijdens de SWS afgespeeld hebben en/of doordat de deelnemers de koppeling tussen de woorden en de geluiden niet impliciet geleerd hebben.

Na de slaap scoorden alle proefpersonen op de test, zowel binnen de experimentele- als binnen de controlegroep, significant hoger dan op de test de avond voordien. De toename in prestatie was bij de jongeren eveneens groter dan bij de ouderen. Dit bevestigde de stelling dat de slaap als offline periode de optimale omstandigheden voor de geheugenconsolidatie biedt (Born 2012). Een vermindering van de hoeveelheid SWS en het moeizamere leerproces bij ouderen kan een verklaring vormen voor een grotere toename in testscore bij de jongeren (Verbraecken 2013).

Op de test van een week later was geen sprake van een significante daling van de score in vergelijking met zowel de test in de avond na het leren, als de test in de ochtend na de slaap. Er kon een stagnatie of lichte stijging van de testcores waargenomen worden. Het in de tussentijd opzoeken van informatie kan de scores van de deelnemers op de test van een week later beïnvloed hebben.

Dit onderzoek vormt een mooie aanzet voor verdere studies over het versterken van het leren van een taal door middel van (auditieve) stimulatie in de slaap. Er een nachtje over slapen kan zo misschien in de toekomst een heel andere betekenis krijgen.

Sleutelwoorden: slaap, slow-wave sleep, verouderingsproces, taalverwerving, leren, impliciet leren, expliciet leren, hippocampus, geheugen, declaratieve geheugen, geheugenconsolidatie, auditieve stimulatie

Dankwoord

Het schrijven van deze masterscriptie heeft me, soms letterlijk, bloed, zweet en tranen gekost. Dankzij de goede raad, de tips, de kritiek, de medewerking, de aanmoedigende woorden, het nodige naleeswerk en de steun en toeverlaat van heel wat mensen was ik in staat mijn eindwerk te voltooien. Ik wil hier dan ook de kans grijpen om iedereen persoonlijk te bedanken.

Eerst en vooral wil ik graag mijn promotor, professor dr. Piet Van de Craen, bedanken, om mij de kans te geven dit onderwerp uit te werken. Hij bleef, ondanks een hele reeks tegenslagen, blijvend geloven in het concept. Dat zorgde ervoor dat mijn enthousiasme ook voortdurend opnieuw aangewakkerd werd, waardoor ik steeds gemotiveerder werd om dit project tot een goed einde te brengen. Hij zocht mee naar medewerkers uit het neurologische veld en legde contacten met verscheidene personen die in het slaaponderzoek gespecialiseerd waren. Daarnaast bezorgde hij me interessante wetenschappelijke artikelen, die me veelvuldig inspireerden om gericht te zoeken en nieuwe paden te verkennen en te bewandelen. Hij gaf me tevens een grote vrijheid, met af en toe de nodige sturing, om mijn eigen ideeën uit te werken. Zijn deur stond altijd open voor de nodige vragen of bedenkingen. Dankzij telkens een snel antwoord op mijn e-mails was ik in staat om aan de hand van zijn gerichte feedback aan een vlot tempo door te werken.

Ten tweede gaat mijn dank uit naar Silke Billens. Dit werk vormt het resultaat van een vruchtbare samenwerking tussen ons. De idee voor dit werk ontstond toevallig op een busrit naar huis. Omdat we beiden door het onderwerp geïntrigeerd waren, besloten we er allebei ons eindwerk van te maken. Vele brainstormen, vergaderingen, e-mails, Skype-sessies, onderzoeken bij de mensen thuis, schrijfwerk en slapeloze nachten later waren haar bachelorpaper en mijn thesis voltooid. Onze gezamenlijke eindeloze inzet, enthousiasme en toewijding leidden tot het afleveren van dit werk.

Zonder al de proefpersonen was dit werk nooit tot stand gekomen. Daarom wil ik elk van hen enorm bedanken voor hun medewerking, tijd, energie en enthousiasme. Bedankt aan alle eenentwintig ijverige studenten en ook een welverdiende dankjewel aan alle eenentwintig vlijtige werkenden!

Daarnaast gaat mijn speciale dank uit naar de computergenie Jeroen Van den Haute. Hij schreef het computerprogramma voor dit experiment. Het was niet eenvoudig om iemand te vinden die bereid was om dit te doen, maar *last minute* kreeg ik een positief antwoord van Jeroen. Hij leverde het prachtige programma in een recordtempo af, waardoor het experiment alsnog op tijd van start kon gaan.

Vervolgens verdienen Jente Van Belle en Kaat Moens een welgemeende 'dank u'. Zij testten als eersten het computerprogramma uit, waardoor het volledig op punt gesteld kon worden. Verder was de statistische verwerking van dit onderzoek nooit gelukt zonder hun wiskundige inzicht. Daarbij nog een bijzondere dank aan mijn 'BFF' Kaatje, die me urenlang geduldig de wondere wereld van de statistiek ontsluitte, tot ik het licht zag. Haar steun, peptalks en nog zoveel meer zorgden ervoor dat ik het hoofd niet liet hangen en bleef geloven in dit werk en vooral in mezelf.

Last but not least wil ik mijn familie en vrienden bedanken. Zij steunden me onvoorwaardelijk tijdens mijn studies en bij dit eindwerk, door hun bemoedigende woorden, luisterende oor en nog zoveel meer dat ik onmogelijk allemaal in woorden kan vatten. Mijn gezinsleden wil ik hier elk toch ook nog persoonlijk bedanken. Mijn zus Jana Rommelaere voor het vele naleeswerk en haar 'motivatiespeeches'. Mijn andere zus Imke Rommelaere voor haar kennis van het Spaans en haar eindeloze luisterbereidheid. Tot slot wil ik mijn dank betuigen aan mijn ouders. Zij vormden zoals steeds mijn rots in de branding.

Inhoudsopgave

Abstract	5
Samenvatting	6
Dankwoord	8
Voorwoord.....	16
Inleiding.....	17
1 Het brein: een inblik in de werking van het geheugen	19
1.1 De neurologische werking van de hersenen.....	19
1.2 Lokalisatie van de taalcentra in het brein	19
1.3 Indeling van het geheugen.....	20
1.3.1 Het declaratieve geheugen: de 'feiten'	21
1.4 De hippocampus.....	22
2 Impliciet en expliciet leren	23
2.1 Een definitie van expliciet en impliciet leren	23
2.2 Expliciete en impliciete kennis	23
2.3 Expliciet en impliciet geheugen.....	23
2.4 Expliciet en impliciet leren in dit slaaponderzoek.....	24
3 De slaap	25
3.1 'Definiëring' van de slaap.....	25
3.2 De slaapcyclus: stadia van de slaap	26
3.3 De slaap- waakregulatie	28
3.3.1 Het circadiaanse proces.....	28
3.3.2 Het homeostatische proces	29
3.3.3 Regulering van de slaap	29
3.4 De slaap en haar functies.....	29
3.4.1 De elementaire rol van de slaap	29
3.4.2 Globale functies van de slaap.....	30
3.4.3 Functies van de REM-slaap	31
3.4.4 Functies van de SWS	31
3.5 Veranderingen in de slaap tijdens het verouderingsproces	32
3.6 Mentale activiteit in de slaap	33
3.6.1 De slaap: staat van bewustzijn op een ander niveau	33
3.6.2 Mentale activiteit in de REM-slaap	34

3.6.3	Mentale activiteit los van de REM-slaap	34
3.7	Slaap en geheugen	34
3.7.1	Een passieve en een actieve rol van de slaap in de geheugenconsolidatie	34
3.7.2	De complementaire rol van de slaapstadia bij de geheugenconsolidatie	36
3.8	Het onderzoek van de neurowetenschapper Ken Paller	36
4	Onderzoeksvraag	38
5	Concept experiment	40
5.1	Hoe het allemaal begon	40
5.2	De Spaanse invalshoek van dit experiment	41
5.3	Aanpak experiment	41
5.3.1	De eerste avond: de oefensessie	42
5.3.2	Test in de ochtend	42
5.3.3	Test een week later	43
5.4	Belang SWS	43
5.4.1	Reactivering en selectiviteit	43
5.4.2	Blootstelling aan externe stimuli tijdens de SWS	44
5.5	Materiaal experiment	45
5.5.1	Computerprogramma	45
5.5.2	Vragenlijst	48
5.5.3	CD	48
5.6	Doelgroep	49
5.6.1	Selectiecriteria	50
5.6.2	Afbakening jongste leeftijdsgroep	50
5.6.3	Afbakening oudste leeftijdsgroep	51
5.6.4	Onderverdeling binnen leeftijdsgroepen	52
5.6.5	Uitgesloten proefpersonen	53
6	Hypothesen	54
6.1	Hypothese 1: de jongeren scoren algemeen hoger dan de volwassenen van middelbare leeftijd	54
6.2	Hypothese 2: na de slaap scoren alle leeftijdscategorieën hoger	54
6.3	Hypothese 3: lagere score op de test van een week later	55
6.4	Hypothese 4: snelheid leren hoger bij jonge deelnemers in vergelijking met de oudere deelnemers	55

6.5	Hypothese 5: gehoord versus niet gehoord	55
6.6	Hypothese 6: hoger opgeleiden scoren hoger dan lager opgeleiden	56
6.7	Hypothese 7: hoe langer werken, hoe lagere scores	56
6.8	Hypothese 8: een grotere taalvaardigheid en een grotere kennis van het Frans resulteren in hogere testresultaten	57
6.9	Hypothese 9: mannen versus vrouwen	57
7	Factoren die de resultaten kunnen beïnvloeden	58
7.1	Beïnvloedende factoren bij de experimentele groep	58
7.1.1	Wakker worden in de nacht	58
7.1.2	SWS of toch niet?	58
7.2	Globale beïnvloedende factoren	59
7.2.1	Omvang van de steekproef	59
7.2.2	Computervaardigheden	59
7.2.3	Nakijken	59
7.2.4	Overleggen	60
8	Experimenteel design	61
9	Methode berekening scores	62
10	Statistische onderzoeksresultaten	62
10.1	Hypothese 1: de jongeren scoren algemeen hoger dan de volwassenen van middelbare leeftijd	62
10.2	Hypothese 2: na de slaap scoren alle leeftijdscategorieën hoger	64
10.3	Hypothese 3: lagere score op de test van een week later	65
10.4	Hypothese 4: snelheid leren hoger bij de jonge deelnemers in vergelijking met de oudere deelnemers	66
10.5	Hypothese 5: gehoord versus niet gehoord	67
10.5.1	Score alle geluiden: tussen de leeftijdsgroepen	67
10.5.2	Score alle geluiden: binnen de leeftijdsgroepen	68
10.5.3	Score acht geluiden: tussen de leeftijdsgroepen	69
10.5.4	Score acht geluiden: binnen de leeftijdsgroepen	69
10.5.5	Test 2G versus test 2NG	71
10.6	Hypothese 6: hoger opgeleiden scoren hoger dan lager opgeleiden	72
10.6.1	Tussen de leeftijdsgroepen	72
10.6.2	Binnen de leeftijdsgroepen	72

10.7	Hypothese 7: hoe langer werken, hoe lagere scores.....	74
10.8	Hypothese 8: talenkennis versus testresultaten.....	75
10.8.1	Een grotere taalvaardigheid resulteert in hogere testresultaten.....	75
10.8.2	Grotere kennis van het Frans resulteert in hogere testresultaten.....	76
10.9	Hypothese 9: mannen versus vrouwen.....	78
11	Overzichtstabel resultaten.....	79
12	Verklaring onderzoeksresultaten.....	80
12.1	Hypothese 1: de jongeren scoren algemeen hoger dan de volwassenen van middelbare leeftijd.....	80
12.2	Hypothese 2: na de slaap scoren alle leeftijdscategorieën hoger.....	81
12.3	Hypothese 3: lagere score op de test van een week later.....	82
12.4	Hypothese 4: snelheid leren hoger bij de jonge deelnemers in vergelijking met de oudere deelnemers.....	83
12.5	Hypothese 5: gehoord versus niet gehoord.....	84
12.6	Hypothese 6: hoger opgeleiden scoren hoger dan lager opgeleiden.....	85
12.7	Hypothese 7: hoe langer werken, hoe lagere score.....	85
12.8	Hypothese 8: talenkennis versus testresultaten.....	86
12.9	Hypothese 9: mannen versus vrouwen.....	87
13	Besluit onderzoeksresultaten.....	89
14	Conclusie.....	90
15	Referenties.....	93
16	Bijlagen.....	96
16.1	Spaanse woordenschat.....	96
16.1.1	Kamer 1: de slaapkamer.....	96
16.1.2	Kamer 2: de badkamer.....	96
16.1.3	Kamer 3: de keuken.....	97
16.1.4	Kamer 4: de tuin.....	97
16.2	Vragenlijsten.....	98
16.2.1	Vragenlijst leeftijdsgroep 18 tot en met 23 jaar.....	98
16.2.2	Vragenlijst leeftijdsgroep 45 tot en met 55 jaar.....	100
16.3	Stappenplan computerprogramma.....	102
16.3.1	Downloaden 'Java JDK'.....	102
16.3.2	Openen oefeningen.....	104

16.3.3	Test 's ochtends.....	106
16.3.4	Test week later.....	108
16.4	SPSS.....	110
16.4.1	Algemene scores slaaponderzoek.....	110
16.4.2	Scores acht woorden.....	116
16.5	Statistische output.....	117
16.5.1	Hypothese 1: de jongeren scoren algemeen hoger dan de volwassenen van middelbare leeftijd.....	117
16.5.2	Hypothese 2: na de slaap scoren alle leeftijdscategorieën hoger.....	120
16.5.3	Hypothese 3: lagere score op de test van een week later.....	122
16.5.4	Hypothese 4: snelheid leren hoger bij jonge deelnemers in vergelijking met de oudere deelnemers.....	125
16.5.5	Hypothese 5: gehoord versus niet gehoord.....	128
	Geluid = Gehoord.....	139
16.5.6	Hypothese 6: hoger opgeleiden scoren hoger dan lager opgeleiden.....	141
16.5.7	Hypothese 7: hoe langer werken, hoe lagere scores.....	144
16.5.8	Hypothese 8: talenkennis versus testresultaten.....	146
16.5.9	Hypothese 9: verschil in testresultaten tussen mannen en vrouwen?.....	151

Figuren

Figuur 1: hersenactiviteit in de verschillende slaapstadia (Arends 2012: 52).....	27
Figuur 2: slaapcycli tijdens een gemiddelde slaaperiode (Rasch 2013: 682)	28
Figuur 3: experimenteel design slaaponderzoek	61

Grafieken

Grafiek 1: vergelijking van de testcores voor en na de slaap tussen beide leeftijdsgroepen	64
Grafiek 2: vergelijking snelheid leerproces tussen beide leeftijdscategorieën.....	66
Grafiek 3: algemene scores test 1 en 2 jonge leeftijdscategorie: gehoord versus niet gehoord	68
Grafiek 4 algemene scores test 1 en 2 oudere leeftijdscategorie: gehoord versus niet gehoord	69
Grafiek 5: scores acht geluiden test 1 en 2 jonge leeftijdscategorie: gehoord versus niet gehoord	70
Grafiek 6: scores acht geluiden test 1 en 2 oudere leeftijdscategorie: gehoord versus niet gehoord	71
Grafiek 7: test 2G versus test 2NG	71
Grafiek 8: taalvaardigheid versus gemiddelde testscore	75
Grafiek 9: Franse taalvaardigheid versus gemiddelde testscore	77
Grafiek 10: testcores mannen versus vrouwen	78

Tabel

Tabel 1: overzicht resultaten slaaponderzoek.....	79
---	----

Voorwoord

In de ideale wereld gaan we slapen met een audiocursus Spaans onder ons kussen en spreken we de volgende ochtend vloeiend Spaans. Dromend op de bus dat zulk scenario ooit werkelijkheid zou worden, besloten Silke Billens en ik voor het studieonderdeel 'Nederlandse Taalkunde II', onderwezen door professor dr. Piet Van de Craen in het academiejaar 2012-2013, ons te verdiepen in de mogelijkheid om een vreemde taal te leren in de slaap.

Het werd ons al snel duidelijk dat het script uit de ideale wereld wel altijd een futuristisch droomscenario zou blijven. Verscheidene onderzoeken van neurowetenschappers brachten echter wel aan het licht dat het verwerken van recent geleerde kennis door middel van stimulatie tijdens de slaap versterkt kon worden. Hoewel aan de hand van verscheidene studies aangetoond was dat het principe van de stimulatie in de slaap echt werkt, is het aantal toepassingsmogelijkheden ervan nog erg beperkt (Arends 2012: 52). Geïntrigeerd door dit bijna 'bovenzinnelijke' idee en de zee aan onderzoeksmogelijkheden hieromtrent, besloten we zelf de proef op de som te nemen. We wilden testen of dit principe ook zou gelden bij het leren van een vreemde taal. We vroegen ons meer bepaald af of er een versterking van net geleerde Spaanse uitdrukkingen, door middel van het afspelen van een opname tijdens de slaap, in het geheugen zou optreden.¹

Om ons mini-experiment uit te voeren, toverden we ons huis om in een heus slaaplaboratorium. Na het leren van de Spaanse uitdrukkingen werd bij de helft van de proefpersonen een aantal Spaanse uitdrukkingen in de nacht afgespeeld. Zo trachtten we het brein te manipuleren om selectief de Spaanse uitdrukkingen die op de opname in de slaap te horen waren, te verwerken.

Het resultaat van dit oorspronkelijke onderzoek was, jammer genoeg, negatief.

De idee bleef echter in ons hoofd rondspoken. Zowel Silke en ik, als professor Van de Craen waren ervan overtuigd dat we veel meer uit dit onderzoek konden halen. Hij stelde aan ons beiden voor om het onderzoek te optimaliseren en er zo ons eindwerk van te maken. We besloten '*tengo que consultar con la almohada*', wat zoveel wil zeggen als: we besloten er een nachtje over te slapen. De beslissing was snel gemaakt: we gingen de uitdaging aan om het experiment nogmaals uit te voeren, maar dan binnen verbeterde testcondities. Ons ultieme doel was om de medewerking van een slaaplaboratorium te verkrijgen, maar dit bleek een *misión imposible*. Aangewakkerd door ons eeuwige enthousiasme stelden we toch, ondanks het niet ter beschikking hebben van een slaaplaboratorium, een vernieuwd concept, met zo optimaal mogelijke testomstandigheden, voor aan professor Van de Craen. Hij was erg aangestoken door ons grote doorzettingsvermogen en ons vernieuwde idee. Daarom gaf hij ons de toestemming om er beiden ons eindwerk van te maken. Daartoe dienden we ons experiment in twee delen op te splitsen, zodat we op het einde van de rit afzonderlijke scripties konden indienen.

Silke Billens haar bachelorpaper bestaat zo uit de uitgebreide literatuurstudie van ons onderwerp en een verkorte weergave van de resultaten (Billens 2014).

Mijn masterscriptie bevat een beknopte versie van de literatuurstudie en een volledige weergave van de onderzoeksmethodologie en de behaalde resultaten. In het appendix van dit werk kan u evenwel de volledige literatuurstudie terugvinden (Rommelaere 2014).

¹ Billens, S. & Rommelaere, S. 2012. *Duizend-en-één-nachten: slapend leren*. Vrije Universiteit Brussel (ongepubliceerde paper voor 'Nederlandse Taalkunde II').

Inleiding

'The eyes of memory will not sleep,- Its ears are open still' (Knight of St. John). De slaap werd eeuwenlang, ten onrechte, beschouwd als een periode waarin de hersenen tot rust kwamen. Pas in 1953, door de ontdekking van de REM-slaap, stelden onderzoekers vast dat het brein tijdens de slaap actief blijft (Hobson 2003). Van nature uit verwerkt het slapende brein immers eerder verworven kennis of herinneringen. Verscheidene wetenschappers toonden aan dat de slaap meer precies een centrale rol speelt bij het proces van de geheugenconsolidatie, te weten de omzetting van kennis van het kortetermijngeheugen naar het langetermijngeheugen (Born 2012). De slaap ondersteunt dit proces, door de reactivering van de hersengebieden die initieel bij het leren betrokken waren (van Dongen 2013). Vooral tijdens de diepe slaap, meer bepaald de slow-wave sleep, treden deze reactiveringen het frequentst op (Rasch 2013). Deze bevindingen leidden tot een aantal succesvolle experimenten door neurowetenschappers, die erin geslaagd zijn dit proces van de geheugenconsolidatie in de slaap via stimulatie te sturen. Daarbij werd de selectieve verwerking van kennis tijdens de slaap, onder meer door middel van betekenisvolle geluiden, gestimuleerd ten koste van de andere opgedane kennis. Dit resulteerde in een betere retentie van die selectie van kennis (Arends 2012). Een van de vele resterende vragen blijft echter of dit principe van 'manipulatie' ook op gecompliceerdere vormen van kennis, zoals het leren van een vreemde taal, van toepassing is. Dit werk tracht een 'eerste' antwoord op deze prangende vraag te bieden.

Deze masterscriptie is een onderzoek dat bij een beperkte steekproef van 42 proefpersonen peilt naar de mogelijkheid om de geheugenconsolidatie van net geleerde Spaanse woorden via auditieve stimulatie tijdens de slaap te versterken. De onderzoeksvraag luidt dan ook als volgt: 'Wat is het effect van auditieve stimulatie van de hersenen met betekenisvolle geluiden tijdens de slaap op de consolidatie van net geleerde Spaanse woorden in het geheugen? Is het mogelijk om via auditieve stimulatie van de hersenen met betekenisvolle geluiden tijdens de slaap de consolidatie van net geleerde Spaanse woorden in het geheugen te versterken?' In deze probleemstelling vormt 'auditieve stimulatie' de belangrijkste term. Door middel van de blootstelling van de proefpersonen aan een selectie van betekenisvolle object-gerelateerde geluiden werd getracht de geheugenconsolidatie voor de Spaanse woorden gebonden aan deze geluiden te versterken. Na de slaap werd, ten gevolge van de auditieve stimulatie, een verhoogde prestatie van de deelnemers voor de geselecteerde woorden verwacht.

Kunnen we al slapend echt 'selectief slimmer' worden? *That's the question (take 2)!*

Mijn masterscriptie is in vier grote delen onderverdeeld: de literatuurstudie, het onderzoek, de resultaten en de conclusie.² De literatuurstudie biedt ten eerste een inzicht in de wondere wereld van het brein. Binnen dit deel wordt eerst de neurologische werking van de hersenen toegelicht. Daarna worden de belangrijkste taalcentra in de hersenen belicht. Nadien volgt een indeling van het geheugen, waarbij specifiek de aandacht op het declaratieve geheugen gevestigd wordt en de

² De uitgebreide literatuurstudie kan in het appendix van deze masterscriptie (Rommelaere 2014) en in de bachelorpaper van Silke Billens teruggevonden worden (Billens 2014).

link daarvan met dit slaaponderzoek. Een laatste focus wordt in dit gedeelte op de hippocampus en zijn rol bij het leren en de verwerking in de slaap gelegd.

In het tweede onderdeel van de literatuurstudie volgt een ruime definiëring van het begrip impliciet leren, in contrast met expliciet leren. Daarbij wordt ook kort het verband tussen impliciet en expliciet leren en dit slaaponderzoek geduid.

In het derde en laatste onderdeel van de literatuurstudie wordt getracht het mysterie van de slaap gedeeltelijk uit de doeken te doen. Eerst volgt een definiëring van de slaap. Nadien wordt de slaapcyclus met de verscheidene slaapstadia beschreven. Dan worden de processen die instaan voor de regulering van de slaap voorgesteld. Verder komen de functies van de slaap aan bod, met speciale aandacht voor de functies van de slow-wave sleep en de REM-slaap. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de veranderingen die in het slaappatroon bij het normale verouderingsproces optreden. Daarna wordt een inzicht in de mentale activiteit in de slaap geboden, waarna de link tussen slaap en leren verduidelijkt wordt. Tot slot wordt een experiment van de neurowetenschapper Ken Paller besproken, als opstap naar dit slaaponderzoek.

In het tweede grote deel van deze masterproef wordt de opbouw en methodologie van dit experiment uiteengezet. Naast een voorstelling van de onderzoeksvraag wordt dit experiment binnen eerdere gelijkaardige onderzoeken gekaderd. Daarna volgt een uiteenzetting van het concept van dit experiment, waarbij de aanpak, het onderzoeksmateriaal en de keuze van de doelgroep beschreven worden. Vervolgens wordt een overzicht van de vooropgestelde hypothesen verschaft. Nadien worden de factoren die de resultaten kunnen beïnvloeden uit de doeken gedaan, om dit deel uiteindelijk te beëindigen met het experimenteel design.

In het derde grote deel van deze masterproef volgt een uitgebreide uiteenzetting van de resultaten. Daarbij worden eerst de statistische onderzoeksresultaten toegelicht, waarna ze voor de duidelijkheid allemaal binnen een overzichtstabel weergegeven worden. Vervolgens wordt getracht een mogelijke verklaring voor de onderzoeksresultaten te bieden, om ten slotte een besluit uit de behaalde resultaten te trekken.

Het vierde grote deel vormt de conclusie van deze masterscriptie. Daarin wordt een zo genuanceerd mogelijk antwoord op de onderzoeksvraag geboden, waarbij tevens suggesties voor mogelijk toekomstig onderzoek gegeven worden.

DEEL 1: LITERATUURSTUDIE

1 Het brein: een inkijk in de werking van het geheugen

'Wij zijn ons brein' stelde de Nederlandse neurobioloog Dirk Swaab in zijn gelijknamige boek uit 2010. Hoewel deze uitspraak meer aanleiding geeft tot een filosofisch debat, staat het cruciale belang van dit kleine, maar ongelooflijk rijke orgaan, voor het functioneren van de mens wetenschappelijk niet ter discussie. Anatomisch gezien maakt het brein, samen met het ruggenmerg, deel uit van het centrale zenuwstelsel. In de hersenen zetelen onder meer de hogere functies, zoals intelligentie, het geheugen en emoties (Martini 2012: 293).

In het hoofdstuk dat volgt, wordt een beknopte inkijk in de wondere wereld van het brein geboden. In de eerste plaats wordt de neurologische werking van de hersenen toegelicht. Nadien worden de belangrijkste taalcentra in de hersenen uit de doeken gedaan. Dan volgt een indeling van het geheugen, waarbij specifiek de aandacht op het declaratieve geheugen en de link daarvan met dit slaaponderzoek wordt gevestigd. Ten slotte focust dit deel op de functie van de hippocampus en zijn rol bij het leren en de verwerking in de slaap.

1.1 De neurologische werking van de hersenen

De hersenen functioneren dankzij de cellen uit het zenuwstelsel, die neuronen genoemd worden. Als bouwstenen van het brein vuren neuronen voortdurend elektrische impulsen af en ontvangen ze of geven ze signalen door. Via de afferente banen sturen neuronen binnenkomende informatie uit de zintuigen naar de hersenen. Daarnaast kunnen ze langs de efferente banen informatie vanuit het brein naar de zintuigen sturen (Van de Craen 2007: 186). Elke mens beschikt vanaf de geboorte over circa honderd biljoen neuronen, die onderling tot tienduizend synaptische verbindingen kunnen maken. Leren betekent de facto dat er nieuwe neuronale verbindingen, die er eerder nog niet waren, in het brein aangemaakt worden. Verbindingen die veelvuldig gebruikt worden, worden versterkt, terwijl andere verzwakken. Neuronenbanen die overbodig geworden zijn, omdat ze niet langer gebruikt worden, kunnen zodoende verdwijnen. Dit maakt dat elke mens over een uniek brein beschikt. Afhankelijk van onder andere de activiteiten die een persoon beoefent, iemands interesses en de kennis die een individu tot zich neemt, kunnen een heel leven lang andere neuronale verbindingen gecreëerd worden (Van de Craen 2007: 186-187). In het proces van versterking of verzwakking van neuronale connecties speelt de slaap een belangrijke rol, die verder uitgebreid in '3.7 Slaap en geheugen' aan bod komt.

1.2 Lokalisatie van de taalcentra in het brein

De hersenen zijn in twee hemisferen verdeeld, te weten een linker- en een rechterhemisfeer. Door middel van het corpus callosum of de hersenbalk worden ze van elkaar gescheiden. Dit is een bundel zenuwbanen, die naast zijn functie als afscheiding, ook voor de verbinding tussen beide hersenhelften zorgt. Op die manier kan er informatie tussen de linker- en de rechterhemisfeer uitgewisseld worden (Martini 2012: 322).

Elk van de hersenhelften is verantwoordelijk voor een aantal specifieke functies, die doorgaans niet door de andere hersenhelft uitgevoerd worden (Martini 2012: 322). Die specialisatie komt tijdens de eerste vijf tot zes jaar van het leven tot stand en wordt hemisferische lateralisatie genoemd. Zo bevinden onder meer het algemene interpretatiecentrum en het spraakcentrum zich bij de meeste mensen in de linkerhersenhelft. Dat zorgt ervoor dat deze hemisfeer verantwoordelijk is voor de taalvaardigheden lezen, schrijven en spreken (Martini 2012: 322). Het leren van nieuwe woordenschat, voor dit onderzoek het leren van veertig Spaanse woorden, is dan ook voornamelijk aan de linkerhersenhelft gebonden. De rechterhemisfeer vervult slechts een erg kleine rol wat de taalfuncties betreft. Die hersenhelft staat enkel in voor het vermogen van de mens om metaforen en prosodie te vatten. Deze taakverdeling maakt dat de linkerhemisfeer bij de grote meerderheid van de rechtshandige mensen (97%) dominant is voor de taalfuncties. Dit komt voort uit de kruising van de zenuwbanen of het optisch schisma in het brein. Dat houdt in dat de linkerhemisfeer de rechterkant van het lichaam controleert en de rechterhemisfeer de linkerkant van het lichaam (Van de Craen 2007: 183).

Beide hersenhelften kunnen tevens in vier kwabben onderverdeeld worden: de frontale kwab, de temporale kwab, de pariëtale kwab en de occipitale kwab. Al deze kwabben zijn op een of andere manier bij het taalgebeuren betrokken. Twee gebieden in de linkerhersenhelft, een binnen de temporale kwab en een binnen de frontale kwab, vervullen evenwel een erg cruciale rol bij talige activiteiten. Zo grijpt de analyse van de woordbetekenis in het gebied van Wernicke plaats, een gebied dat in de linker temporale kwab gelokaliseerd is. De spraakproductie wordt door het gebied van Broca gestuurd, dat in de linker frontale kwab aan de derde frontaalwinding gelegen is. Zo staat het gebied van Broca in voor de aansturing van het stemorgaan en de regulering van de ademhaling en de stem, om de spraak mogelijk te maken (Martini 2012: 320).

1.3 Indeling van het geheugen

In het brein zetelen, zoals in de inleiding al kort vermeld werd, de hogere functies. Een van die hogere functies is het geheugen. Traditioneel worden twee soorten geheugen onderscheiden: het kortetermijn- en het langetermijngeheugen (Van de Craen 2007: 200).

Het kortetermijngeheugen of werkgeheugen bestaat uit kortetermijnherinneringen, ook wel primaire herinneringen genoemd. Primaire herinneringen bevatten kleine stukjes informatie, zoals een telefoonnummer of de naam van een individu (Martini 2012: 323). Door de beperkte capaciteit van het kortetermijngeheugen kan deze informatie slechts enkele seconden tot enkele minuten vastgehouden worden. Het werkgeheugen kan nogmaals in twee soorten opgedeeld worden. Aan de ene kant de fonologische loop, waar akoestische informatie gecodeerd wordt, en aan de andere kant het visuospatiale werkgeheugen, dat instaat voor de codering van visuele informatie (Van de Craen 2007: 200).

Via geheugenconsolidatie, de omzetting van het kortetermijngeheugen naar het langetermijngeheugen, kunnen kortetermijnherinneringen in het langetermijngeheugen worden opgeslagen (Martini 2012: 323). Er kunnen binnen het langetermijngeheugen twee vormen onderscheiden worden, meer bepaald het declaratieve geheugen en het niet-declaratieve

geheugen. Het declaratieve of expliciete geheugen omvat kennis waar een individu bewust toegang toe heeft. Het niet-declaratieve of impliciete geheugen daarentegen bevat kennis waar geen bewuste toegang toe verkregen kan worden, zoals motorische en cognitieve vaardigheden (Van de Craen 2007: 201).

Beide vormen van het langetermijngeheugen kunnen echter nog verder opgesplitst worden. Zo bestaat het declaratieve geheugen uit het episodische en het semantische geheugen. Het episodische geheugen herbergt persoonlijke, autobiografische herinneringen, terwijl het semantische geheugen kennis over feiten, waaronder talen, bevat (Van de Craen 2007: 201).

Het niet-declaratieve geheugen omvat enerzijds het procedurele geheugen. Dit geheugen staat in voor het leren van nieuwe en de controle over al verworven sensorisch-motorische en cognitieve activiteiten, zoals fietsen en lezen (Ullman 2004). Anderzijds bestaat het niet-declaratieve geheugen uit het niet-associatieve geheugen, wat de gewoontevorming in niet-behavioristische zin omsluit (Van de Craen 2007: 202).

Het declaratieve en niet-declaratieve geheugen functioneren, ondanks een beperkte interactie, grotendeels onafhankelijk van elkaar. Door de betrokkenheid van het declaratieve of expliciete geheugen bij het leren en verwerken van nieuwe woordenschat is dit deel van het geheugen essentieel voor dit onderzoek. Daarom wordt in de volgende paragraaf wat dieper op de werking van dit geheugensysteem ingegaan.

1.3.1 Het declaratieve geheugen: de 'feiten'

Het declaratieve of expliciete geheugen speelt een centrale rol bij het bewust leren, het opslaan en het gebruik van ten eerste episodische kennis, de kennis over persoonlijke gebeurtenissen, en ten tweede semantische kennis, de kennis over feiten. Daarnaast zou lexicale kennis ook grotendeels aan het declaratieve geheugen gebonden zijn. Hierbij gaat het onder andere om de opslag van woordspecifieke kennis, als woordbetekenissen en woordklanken. Deze expliciete vorm van het geheugen is van belang voor het erg snelle leren, dat gebaseerd is op de eenmalige blootstelling aan een stimulus. Dit staat in schril contrast met het geleidelijke leerproces binnen het niet-declaratieve geheugen, waarbij het leren door een herhaaldelijke blootstelling aan de stimulus tot stand komt (Ullman 2004).

Op anatomisch vlak wordt het declaratieve geheugen door een enkele hersenstructuur, namelijk de mediale temporale kwab, gedragen. Deze bestaat evenwel uit verschillende deelgebieden: de hippocampale regio, inclusief de hippocampus zelf, de entorhinale cortex, de perirhinale cortex en de parahippocampale cortex. De mediale temporale kwab speelt een cruciale rol bij de consolidatie en het terughalen van expliciet gecodeerde informatie in het langetermijngeheugen.

Onderzoekers kwamen tot dit inzicht door de studie van de inmiddels beroemd geworden patiënt H.M. Wegens epilepsie werden bij hem operatief grote delen van de hippocampus in beide hemisferen verwijderd. Daardoor verloor H.M. het vermogen om te leren (Van de Craen 2007: 200). De patiënt ontwikkelde door deze schade aan de gebieden van de mediale temporale kwab anterograde amnesie. Informatie over een nieuw feit of een nieuwe gebeurtenis, die door corticale gebieden in het brein gecodeerd worden, wordt na deze codering

immers naar de mediale temporale kwab verstuurd. De mediale temporale kwab is door middel van een corticaal en een subcorticaal circuit, het diencephalon, verbonden met de rest van de hersenen. Het corticale circuit zorgt voor een constante stroom van informatie via de afferente en efferente banen in en uit het declaratieve geheugen. Dit zorgt voor de opslag van expliciet geleerde informatie in het langetermijngeheugen en de mogelijkheid om deze informatie later uit het geheugen opnieuw op te roepen. Door schade aan de mediale temporale kwab is de werking van dit systeem aangetast, wat de consolidatie van nieuwe expliciete informatie in het langetermijngeheugen verstoort. Het expliciete geheugen van patiënt H.M. was dus ernstig beschadigd, waardoor hij het vermogen verloor om nieuwe expliciet verworven informatie van feiten en gebeurtenissen te leren en op te slaan. Zijn kortetermijngeheugen en algemene cognitieve functies bleven evenwel grotendeels intact (Reber 1999). H.M. presteerde erg slecht op expliciete geheugentaken, maar bijna even goed op impliciete geheugentaken als een individu zonder anterograde amnesie. Dit impliceerde dat het impliciete geheugen nog relatief intact was (Hulstijn 2005).

De slaap, met zijn verscheidene slaapstadia, vervult een essentiële, maar complementaire rol bij de consolidatie van kennis en herinneringen in het declaratieve en het niet-declaratieve geheugen. De functie van de slaap in deze processen wordt in '3.7 Slaap en geheugen' uiteengezet.

1.4 De hippocampus

De hippocampus is een hersenstructuur die sedert lang met het geheugen geassocieerd wordt (Wilson 2002). Het is een kleine structuur, circa de grootte van een pink, dat zich, bilateraal onderaan de cerebrale cortex bevindt. De hippocampus vormt een onderdeel van de mediale temporale kwab, waardoor die nauw bij de vorming van het declaratieve geheugen betrokken is. Zo speelt de hippocampus een cruciale rol bij de initiële verwerving en de consolidatie van declaratieve kennis en herinneringen in het langetermijngeheugen (van Dongen 2013). Deze hersenstructuur fungeert als een soort 'poort' naar het geheugen, die coördineert welke kennis al dan niet in het langetermijngeheugen, te weten de neocortex, opgeslagen wordt (Gluck 2001). Naarmate de tijd vordert, vermindert evenwel de betrokkenheid van de hippocampus, wegens de geleidelijke incorporatie van de aangemaakte geheugensporen in de neocorticale gebieden. Op die manier wordt de nieuwe expliciet verworven kennis na verloop van tijd hippocampusonafhankelijk (van Dongen 2013).

De overzet van declaratieve kennis en herinneringen naar de neocortex gebeurt door het mechanisme van de reactivering. Dit houdt in dat de gebieden die initieel bij het leren betrokken waren, zoals de hippocampus, tijdens de slaap gereactiveerd worden (Wilson 2002). De rol van de slaap, en dan vooral de slow-wave sleep, bij de consolidatie van declaratieve kennis door middel van reactivering, komt verder uitvoerig in '3.7 Slaap en geheugen' aan bod.

2 Impliciet en expliciet leren

Wetenschappers zijn er al decennialang van overtuigd dat het leren niet enkel bewuste, maar ook onbewuste processen omvat. Dat inzicht wordt treffend in dit citaat weergegeven: 'Learning happens when a memory is created or is strengthened by repetition. This need not involve the conscious attempt to learn [...]' (Gazzaniga 2002: 302, zie Van de Craen 2007: 200). Geïntregeerd door deze onbewuste processen begonnen verscheidene wetenschappers in de jaren zestig de studie naar het onbewuste of impliciete leren. Hieronder volgt ten eerste een definitie van het begrip impliciet leren, in contrast met expliciet leren. Vervolgens worden ze binnen een ruimere context gesitueerd. Tot slot wordt het verband tussen impliciet en expliciet leren en dit slaaponderzoek kort geduïd.

2.1 Een definitie van expliciet en impliciet leren

Het aspect om expliciet en impliciet leren van elkaar te onderscheiden, is de mate van bewustzijn bij het leren. Bij expliciet leren is het individu zich bewust van wat geleerd wordt (Hulstijn 2005). Daartegenover staat het impliciet leren, waarbij het leren zonder het bewustzijn van wat geleerd wordt, plaatsgrijpt (Dekeyser 2003). Het onbewuste schuilt daarbij zowel in het proces als het product van de verworven kennis (Reber 1999). Zowel het leren van de kennis als de kennis zelf zijn ontoegankelijk voor het bewustzijn (Ullman 2004).

2.2 Expliciete en impliciete kennis

Door middel van het expliciete en het impliciete leren vergaart de persoon respectievelijk expliciete dan wel impliciete kennis. Indien het individu zich bewust is van de kennis die hij verworven heeft en deze concreet kan verwoorden, is er sprake van expliciete of declaratieve kennis (Hulstijn 2005). Impliciete kennis wordt zonder het bewustzijn ervan opgenomen, waardoor het individu zijn kennis dus ook niet in woorden kan vatten (Hulstijn 2005). De manier waarop de kennis opgepikt werd, kan evenwel veranderen in het verwerkingsproces. Expliciet vergaarde kennis kan in bepaalde gevallen impliciet worden en omgekeerd (Hulstijn 2005).

2.3 Expliciet en impliciet geheugen

Expliciete en impliciete kennis kennen een verschillend verwerkingsproces en een andere opslagplaats, omdat expliciet en impliciet leren door verschillende hersenstructuren ondersteund worden. Het expliciete leren wordt door een hersensysteem, meer bepaald de mediale temporale kwab, gedragen. Die speelt een cruciale rol bij de consolidatie van nieuwe expliciet gecodeerde informatie in het langetermijngeheugen, wat eerder al in '1.3.1 Het declaratieve geheugen: de 'feiten' geëxpliciteerd werd (Reber 1999).

In tegenstelling tot het expliciete leren wordt het impliciete leren niet door slechts een hersensysteem ondersteund. Afhankelijk van de aard van de impliciete geheugentaak wordt de kennis in een welbepaalde hersenregio verwerkt. Het gebied dat betrokken is bij het leren van die specifieke taak, is de plaats waar de nieuwe impliciete informatie verwerkt wordt (Reber 1999).

Door het verschillende verwerkingsproces van expliciete en impliciete informatie wordt het duidelijk dat expliciet verworven kennis bij de codering hippocampusafhankelijk is en nadien in het declaratieve geheugen opgeslagen wordt. Impliciete kennis is hippocampusonafhankelijk en wordt in het niet-declaratieve of procedurele geheugen geconsolideerd (Hulstijn 2005).

2.4 Expliciet en impliciet leren in dit slaaponderzoek

Binnen dit experiment is het de bedoeling dat de proefpersonen door middel van een aantal oefeningen veertig Spaanse woorden uit het hoofd leren. Aangezien het draait om woordenschat en de participanten de bewuste intentie hebben om de woorden te memoriseren, is dit een vorm van expliciet leren. Bij de oefeningen is echter aan elk woord een betekenisvol geluid gebonden. Zo horen ze bijvoorbeeld bij het woord '*hond*' herhaaldelijk het geluid '*blaffen*'. Omdat de proefpersonen niet de expliciete opdracht krijgen om de geluiden te onthouden en ze dus niet de bewuste intentie hebben om het geluid te leren, leggen de deelnemers onbewust de link tussen de woorden en de geluiden. Dit zorgt ervoor dat het leren van de geluiden op het impliciete niveau plaatsgrijpt.

Tijdens de daaropvolgende nacht krijgen de proefpersonen een aantal van die geluiden tijdens de slow-wave sleep te horen. Op die manier worden de hersenregio's, die initieel bij het leren betrokken waren, gereactiveerd, wat resulteert in een betere consolidatie en bijgevolg retentie van de woorden waarvan de proefpersonen de geluiden in de nacht gehoord hebben.

Zo hebben de deelnemers expliciet een declaratieve geheugentaak, namelijk het leren van Spaanse woordenschat, geleerd, en impliciet de koppeling tussen de woorden en de geluiden gelegd. In het onderzoeksgedeelte van dit werk wordt hier nog dieper op ingegaan (zie 'Deel 2: onderzoek').

3 De slaap

3.1 'Definiëring' van de slaap

De mens brengt ongeveer een derde van zijn leven al slapend door. Toch blijven veel aspecten van deze primaire basisbehoefte een mysterie: waarom slapen we? Welke veranderingen treden er tijdens het slaaproces in het lichaam en het brein op? Talloze onderzoeken lichtten al een tipje van de sluier op, maar nieuwe studies brengen blijvend nieuwe inzichten voort.

De arts Robert MacNish formuleerde in zijn werk *The Philosophy of Sleep* uit 1834 treffend hoe er vroeger over de slaap gedacht werd: 'Sleep is the intermediate state between wakefulness and death; wakefulness being regarded as the active state of all the animal and intellectual functions, and death as that of their total suspension.' Toen werd de slaap als een totaal passieve staat van het organisme beschouwd (zie Dewil 2009). In 1924 kwam er echter een drastische ommekeer in deze visie tot stand, na de ontdekking van het elektro-encefalogram (EEG), door de Duitse neuroloog Hans Berger (Hobson 2003). Met het EEG kan de elektrische activiteit in de hersenen gemeten worden. Op het buitenste oppervlak van de schedel worden daartoe elektroden geplaatst. Op die manier wordt een grafische weergave van de hersengolven verkregen en kan de hersenactiviteit vastgelegd worden (Martini 2012: 322-323). Deze nieuwe technologie liet zien dat de hersenen van de mens ook in de slaap activiteit vertonen, zij het een die elementair verschilt dan die van in de waaktoestand. Vanuit de drang om een totaalbeeld over de aspecten van de slaap te krijgen, werden naast het EEG nog bijkomende metingen ontworpen, namelijk het EOG en het EMG. Een elektro-oculogram (EOG) meet de bewegingen van de ogen, door middel van elektroden rond de ogen. Een elektromyogram (EMG) daarentegen meet de activiteit van de spieren. Daarvoor worden aan de kin en de ledematen van de slaper elektroden bevestigd (Carlson 2010). Deze metingen wezen uit dat de hersenactiviteit tijdens de slaap variabel is, wat resulteerde in de ontdekking van het patroon van de slaapcyclus met de verschillende slaapstadia (Dewil 2009).

Deze technologische innovaties hadden tot gevolg dat er onweerlegbaar bewijs gevonden werd voor de omschrijving van de slaap als een 'gedrag', waarbij er duidelijke veranderingen in de bewustzijnstoestand optreden. De gangbare definitie van de slaap luidt nu dan ook als volgt: 'Sleep is a natural and reversible state of reduced responsiveness to external stimuli and relative inactivity, accompanied by a loss of consciousness' (Rasch 2013: 681).

In dit verdere hoofdstuk wordt getracht op de volgende vragen een antwoord te bieden: wat zijn de kenmerken van de slaapstadia? Welke processen staan in voor de regulering van de slaap? Welke functies vervult de slaap en meer specifiek de slow-wave sleep en de REM-slaap? Welke wijzigingen doen zich in het slaappatroon bij het normale verouderingsproces voor? Hoe ziet de mentale activiteit er in de slaap uit? Wat is de link tussen slaap en leren? Als laatste wordt een experiment van de neuroloog Ken Paller besproken, dat betrekking heeft op dit onderzoek. Ondanks de progressieve vooruitgang die al in de studie naar de slaap geboekt werd, blijft de slaap deels een onopgelost mysterie. Onderzoekers hopen in de toekomst alle puzzelstukjes te vinden en

in elkaar te passen, zodat de slaap niet langer een schijnbaar onoplosbaar raadsel blijft (Dewil 2009). Hoe ver het al staat, wordt in dit deel uit de doeken gedaan.

3.2 De slaapcyclus: stadia van de slaap

Ongeacht de erg verschillende levensstijl van mensen kan er een grote uniformiteit binnen het slaappatroon teruggevonden worden. Een typische, normale nachtrust bestaat uit een slaapcyclus van vier opeenvolgende slaapstadia en de REM-slaap (Empson 2002). De slaapfasen worden elk op een unieke wijze gekarakteriseerd en komen telkens in dezelfde volgorde voor.

Op het EEG van een gezond persoon kunnen in waaktoestand twee soorten activiteit afgelezen worden: het alfaritme en het bètaritme. Het alfaritme komt hoofdzakelijk voor wanneer de ogen gesloten zijn, maar treedt sporadisch ook op met de ogen open (Carlson 2010). Dat ritme bestaat uit middelhoge hersengolven van acht tot twaalf Herz, wat wijst op een staat van rust (Verbraecken 2013). Het bètaritme daarentegen vertoont hersengolven van dertien tot dertig Herz en duidt op een staat van opwinding. Er is sprake van desynchronisatie in het ritme. Dit is het gevolg van een constante actieve verwerking van informatie in de hersenen (Carlson 2010).

Bij het slapengaan komt een individu in het eerste stadium van de slaap terecht. Dit vormt een overgangsfase tussen waken en slapen en wordt daarom vaak de inslaapfase genoemd. Daarin duikt een verminderd alfaritme op. Uiteindelijk verdwijnt het alfaritme en maakt dat plaats voor het thètaritme. Dit is een trager, gesynchroniseerd ritme met hersengolven van drie tot zeven Herz. Bij observatie kan in dit stadium waargenomen worden dat een individu af en toe de ogen zacht opent en weer sluit en dat de ogen langzaam van boven naar beneden rollen (Carlson 2010).

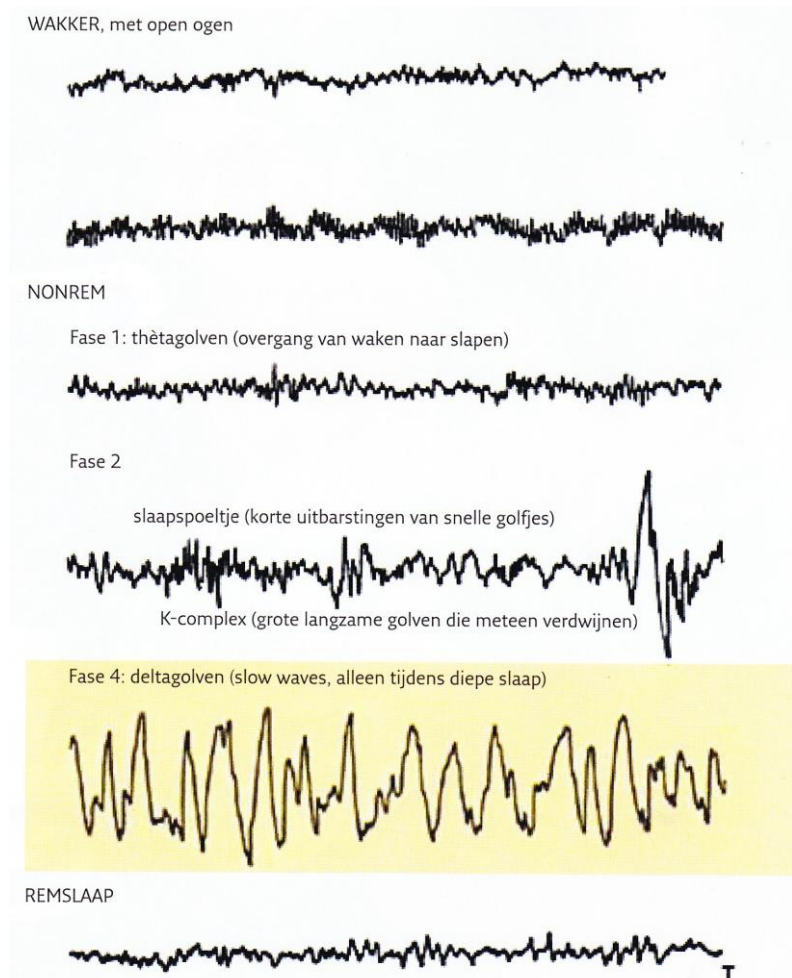
Circa vijf tot tien minuten na het binnentreden van de eerste slaapfase komt een persoon de lichte slaap, het tweede slaapstadium, binnen. Het EEG bevat korte periodes van een stabiel thètaritme, afgewisseld met een erg onregelmatige hersenactiviteit, die door twee fenomenen wordt veroorzaakt. Ten eerste kunnen de zogenaamde slaapspoeltjes gedetecteerd worden. Dit zijn korte en felle uitbarstingen van zeer snelle hersengolven van twaalf tot veertien Herz, die ook in de daaropvolgende stadia van de slaap voorkomen. Het tweede verschijnsel is de K-complexen. Dit zijn grote en langzame hersengolven, die meestal onder impuls van (onverwachte) geluiden, maar incidenteel ook spontaan optreden. In tegenstelling tot de slaapspoeltjes, komen K-complexen enkel in dit stadium van de slaap voor. Ze vormen de voorlopers van de deltagolven, die in de diepste niveaus van de slaap opdagen (Carlson 2010).

Opnieuw vijftien minuten later treedt het individu het derde stadium van de slaap binnen. Dit is het begin van de diepe slaap. Het thètaritme verdwijnt en maakt plaats voor het deltaritme. Dit bestaat uit beduidend grotere en langzamere (een halve tot drie Herz) hersengolven. In slaapfase drie treden deze deltagolven twintig tot vijftig procent van de tijd op (Carlson 2010).

Wanneer het deltaritme meer dan vijftig procent van de slaap in beslag neemt, dan komt het individu in het vierde stadium, het diepste niveau van de slaap, terecht. Dit gebeurt ongeveer

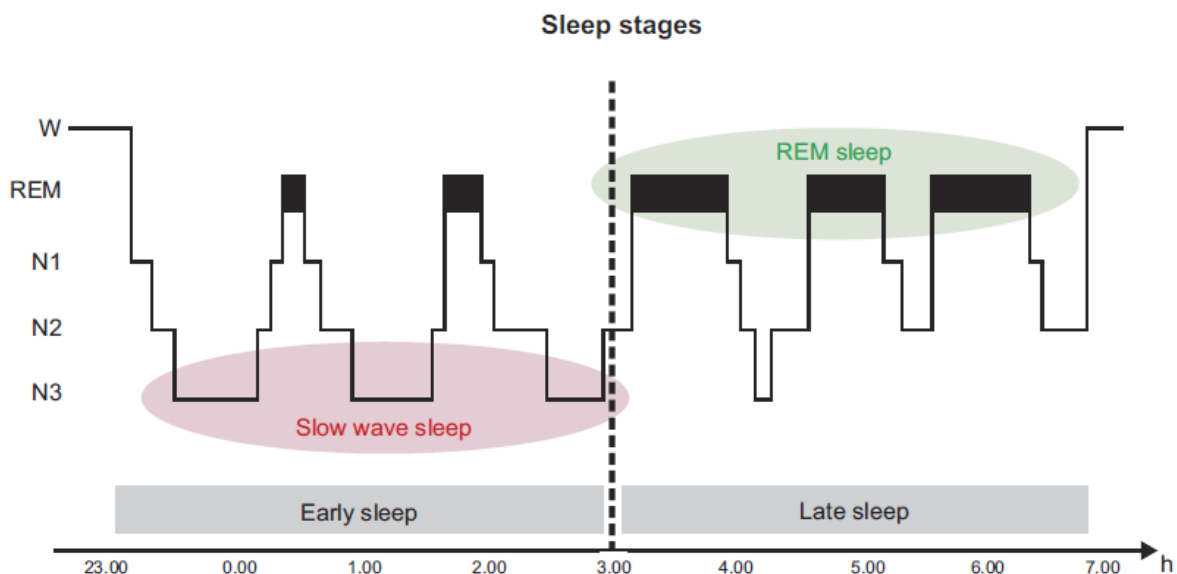
twintig minuten na de start van slaapstadium drie. De derde en vierde slaapfase worden frequent samen als de slow-wave sleep (SWS) of de langzame-golfslaap aangeduid, duidend op de erg langzame hersengolven (minder dan een Herz) die bij deze episode horen. Het slow-wave ritme of de slow-wave activiteit (SWA) wordt gekenmerkt door bifasische golven. Het eerste deel van de golf bestaat uit een *down-state*. Deze status dient waarschijnlijk als rustmoment, omdat er geen activiteit van de neuronen in de neocortex plaatsvindt. Het tweede deel van de golf geeft een *up-state* aan. Hierbij vuren de corticale neuronen zeer kort en intensief aan een hoge snelheid. Tijdens de eerste helft van de nacht komt de SWS het meeste voor. In de loop van de nacht vermindert de hoeveelheid SWS gradueel (Carlson 2010).

Ongeveer vijfenveertig minuten na de start van slaapstadium vier en circa negentig minuten na het slapengaan komt de slaper de REM-slaap binnen. Het deltaritme wordt vervangen door een thètaritme dat erg lijkt op dat uit het eerste slaapstadium. Karakteristiek voor deze slaapfase is de opkomst van snelle en onwillekeurige heen- en weerbewegingen van de ogen achter de gesloten oogleden. Daarom wordt dit stadium ook de 'Rapid Eye Movement- sleep' (REM-slaap) genoemd. In de rest van het lichaam treedt er een verlies van spiertonus op, waardoor de slaper schijnbaar verlamd is. De hersenactiviteit is echter wel groot. Dit uit zich in het frequent dromen binnen deze fase. De REM-slaap wordt dan ook het vaakst met dromen geassocieerd, hoewel dromen ook, evenwel in mindere mate, in de andere slaapstadia voorkomen (Carlson 2010).



Figuur 1: hersenactiviteit in de verschillende slaapstadia (Arends 2012: 52)

De overige stadia van de slaap, meer bepaald stadium een tot en met vier, worden gegroepeerd tot de non-REM-slaap (NREM-slaap). Tijdens het slapen treedt er een cyclisch optreden van de NREM-slaap en de REM-slaap op. Een slaapcyclus duurt circa negentig tot honderdentien minuten. Zo worden bij een gemiddelde nachtrust minstens vier slaapcycli doorlopen, waarbij een periode van NREM-slaap de REM-slaap altijd voorafgaat. De eerste helft van de nacht bestaat tot tachtig procent uit SWS, waarbij dit aantal na elke slaapcyclus gradueel vermindert. De SWS neemt in intensiteit en duur af, waardoor de REM-slaap, afgewisseld met periodes van slaapstadium twee, gedurende de tweede helft van de nacht dominant wordt. Het overwicht van de SWS in de vroege nacht en de dominantie van de REM-slaap tijdens de late nacht worden veroorzaakt door het circadiaanse ritme (Rasch 2013: 689).



Figuur 2: slaapcycli tijdens een gemiddelde slaaperiode (Rasch 2013: 682)

3.3 De slaap- waakregulatie

De afwisseling tussen de NREM-slaap en de REM-slaap vormt maar een van de drie mechanismen die de slaap regelt. De twee andere processen die instaan voor de regulering van de slaap zijn het circadiaanse- en het homeostatische proces (Verbraecken 2013).

3.3.1 Het circadiaanse proces

Het circadiaanse proces of systeem (circa= ongeveer, dies= dag) wordt ook als de interne biologische klok aangeduid. Dit systeem brengt ritmes van ongeveer vierentwintig uur voort die zich manifesteren bij een groot aantal psychologische, fysiologische en gedragsprocessen in de mens, waar het slaap-waakpatroon er een van is. Op die manier bepaalt het circadiaanse ritme binnen het slaap-waakpatroon het optimale begin en einde van de slaap (Verbraecken 2013: 37). De circadiaanse ritmes, waaronder de slaap-waakcyclus, worden gestuurd door de Nucleus Suprachiasmaticus (SupraChiasmatic Nucleus, SCN). Dit is een klein gebied dat bestaat uit ongeveer 20.000 neuronen en zich in de anterieure hypothalamus bevindt (Verbraecken 2013: 44). De SCN staat in verbinding met de visuele banen, wat ervoor zorgt dat deze kern informatie over

licht en donker ontvangt. Als het donker is, produceert de pijnappelklier in opdracht van de SCN het hormoon melatonine. Dit hormoon zorgt ervoor dat het individu een slaperig gevoel krijgt (Verbraecken 2013: 39). Bij licht wordt de aanmaak van melatonine onderdrukt, waardoor de persoon overdag een kleinere slaapneiging heeft. Zo bereikt de productie van melatonine een piek in de nacht, om 's ochtend tot een dieptepunt te komen (Verbraecken 2013: 46).

3.3.2 Het homeostatische proces

Het homeostatische proces is het tweede systeem dat instaat voor de regulering van de slaap. De werking van dit systeem is het hoogst tijdens de waaktoestand en verzwakt naarmate de slaap vordert (Verbraecken 2013). Het zorgt ervoor dat het individu van bij het ontwaken gradueel een zekere slaapbehoefte opbouwt. 's Avonds piekt de slaapbehoefte, om bij het slapengaan opnieuw exponentieel af te bouwen. Dit proces is tevens verantwoordelijk voor de hoeveelheid diepe slaap in de nacht. Daarbij geldt dat, hoe langer de waakperiode is, hoe groter de slaapbehoefte is, wat resulteert in overvloedigere porties diepe slaap (Dewil 2009).

3.3.3 Regulering van de slaap

Het slaap- en waakgedrag wordt door een wederzijdse inhibitie tussen het circadiaanse- en het homeostatische proces bepaald. Bij activatie van het homeostatische systeem inhibeert het circadiaanse systeem, zodat er een stabiele slaaptoestand ontstaat. Het omgekeerde treedt op wanneer het circadiaanse systeem actief is (Verbraecken 2013: 35). Concreet gebeurt het volgende: 's ochtends treedt het circadiaanse proces in werking. Het homeostatische systeem bereikt dan haar diepste peil, wat het ontwaken tot gevolg heeft. In de vooravond piekt het circadiaanse proces, om daarna haar activiteit langzaam af te bouwen. Op hetzelfde moment bouwt het homeostatische systeem haar werking uit, waardoor de slaapbehoefte geleidelijk aan verhoogt. Op die manier komt het individu in een optimale staat om in slaap te vallen terecht (Dewil 2009).

3.4 De slaap en haar functies

3.4.1 De elementaire rol van de slaap

Allan Rechtschaffen, een pionier in het slaaponderzoek, plaatste een uitspraak die tot op vandaag onbetwistbaar blijft: 'If sleep does not serve an absolute vital function, then it is the biggest mistake the evolutionary process ever made' (Rial 2007). Verscheidene observaties en onderzoeken toonden al aan dat de slaap van essentieel belang is om te overleven. Dit bleek ten eerste uit bevindingen dat zelfs zoogdieren, die beter af zouden zijn zonder slaap, door de gevaren waaraan ze in hun omgeving blootgesteld worden, toch de nodige slaap hebben. Daarnaast bouwt een individu een erg sterke slaapbehoefte op wanneer die een nacht slaap mist. De slaap wordt uiteindelijk zo overheersend, dat de persoon moet slapen of vanzelf in slaap valt. Ten derde slaapt de mens, bij slaapttekort, langer, om het opgelopen slaapverlies te compenseren (Carlson 2010: 306-307). De effecten van een korte termijn en een lange termijn slaapdeprivatie zijn ten slotte erg groot. De gevolgen op korte termijn bestaan onder meer uit een aantasting van het geheugen, een daling van de reactiesnelheid en een verzwakking van de fysieke gezondheid

(Rial 2007). Een lange termijn deprivatie van de slaap heeft uiteindelijk fatale gevolgen (Carlson 2010: 307).

3.4.2 Globale functies van de slaap

Het lichaam schreeuwt om rust wanneer een individu fysiek of mentaal uitgeput is. Daarom dachten onderzoekers decennialang dat de slaap een restauratieve functie voor het lichaam en de geest had (Empson 2002). Bij het slapen treedt er immers een ontspanning van de spieren, een vertraging van de hartslag en ademhaling en een verminderde activiteit in het brein op (Hartmann 1973). Verschillende studies wezen uit dat, hoewel de slaap ervoor zorgt dat het lichaam tijdelijk tot rust komt, een herstellende waarde niet de primaire functie van de slaap is (Carlson 2010).

In 1956 formuleerden wetenschappers de hypothese dat de slaap dient om de energiereserves aan te vullen (Hartmann 1973). Er komen immers een aantal biologische veranderingen tijdens de eerste vier stadia van de slaap voor, die de stelling van de slaap als conservator van energie ondersteunt. Zo treedt er een daling van de hartslag, van de lichaamstemperatuur en de hersenactiviteit op (Saey 2009). Daarnaast doet zich ook een vertraging van het metabolisme of de stofwisseling voor. De REM-slaap brengt echter een volledige ommekeer in dit patroon teweeg. De hartslag wordt onregelmatig, de lichaamstemperatuur stijgt en de hersenactiviteit verhoogt. Hoewel het lichaam in deze slaapfase als het ware verlamd is, is er een grote werkzaamheid in het brein aan de gang. Dit heeft tot gevolg dat het individu in de REM-slaap opnieuw veel van de opgeslagen calorieën uit de voorgaande slaapstadia verbruikt, aangezien de hersenen tot twintig procent van de calorieën uit het lichaam verbranden (Saey 2009). Dus, hoewel de slaap instaat voor de conservatie van energie, wordt tijdens de slaap ook een aanzienlijk deel van de opgebouwde energie opgebruikt. Dit leidt ertoe dat de opgebouwde voorraad calorieën in de nacht nooit voldoende is om het verlies van calorieën gedurende de dag te compenseren (Saey 2009).

Waar tussen wetenschappers meer consensus over bestaat, is de rol van de slaap bij de regulering van het immuunsysteem. Opeenvolgende nachten met een tekort aan slaap veroorzaken een verzwakking van het afweersysteem, waardoor het lichaam vatbaarder wordt voor allerlei ziekten. Voldoende slaap is dus onontbeerlijk voor een versterking van het immuunsysteem (Saey 2009).

Hughlings Jackson stelde al in 1932 dat er een relatie tussen de slaap en het geheugen bestaat. De slaap zou immers dienen voor een neuronale reorganisatie, waarbij de onnodige verbindingen van overdag verwijderd worden en de bruikbare verbindingen in het geheugen geconsolideerd worden (Hartmann 1973). Er vindt dus een soort '*survival of the fittest*' in het brein van de slapende mens plaats, waarbij de sterke herinneringen behouden blijven en de zwakke uit het geheugen weggefilterd worden (Verbraecken 2013: 100).

Bij de verwerking van de net gecodeerde informatie in de slaap speelt de neuronale reorganisatie een belangrijke rol. Om die reden opperen verscheidene wetenschappers dat het offline verwerken van recent verworven ervaringen, kennis en herinneringen misschien wel de belangrijkste functie

van de slaap zou kunnen zijn. In dat proces spelen de SWS en de REM-slaap een essentiële en complementaire rol (Luppi 2005). Daar wordt verder in '3.7 Slaap en geheugen' nog uitgebreid op ingegaan.

3.4.3 Functies van de REM-slaap

Na de ontdekking van de REM-slaap in 1953 ontstond er een explosie aan onderzoek naar de karakteristieken van dit stadium van de slaap. Op die manier verkregen onderzoekers een beter inzicht in de functies van de REM-slaap.

Wegens de grootste hoeveelheid REM-slaap tijdens de ontwikkelingsfase van het brein speelt deze slaapfase onmiskenbaar een rol in dit proces. Studies wezen uit dat de nachtrust bij pasgeborenen uit circa zeventig procent REM-slaap bestaat. Bij volwassenen bedraagt dat aantal nog amper vijftien procent van de totale slaapduur. Dit impliceert dat er een hechte relatie tussen de ontwikkeling van de hersenen en de REM-slaap heerst (Carlson 2010). Doordat volwassenen dit slaapstadium nog doormaken, moet de REM-slaap evenwel nog andere functies hebben.

In de REM-slaap doet zich een matige activering van het limbische systeem voor. Dat systeem bestaat onder meer uit de hippocampus, die een sleutelrol speelt bij de consolidatie van informatie in het langetermijngeheugen, en de amygdala, die instaat voor de regulering en verwerking van emoties (Fitzgerald 2012). Uit een onderzoek van Plihal en Born uit 1997 werd gevonden dat de REM-slaap een rol speelt bij de verwerking van emotionele herinneringen (zie Maquet 2003). Dat hangt samen met de narratieve en emotionele vorm van de dromen die in dit slaapstadium optreden, wat een actieve verwerking in het emotionele geheugen veronderstelt (Dewil 2009).

Een andere functie van de REM-slaap is het vervullen van een doelgerichte rol in het vinden van een schijnbaar onvindbare oplossing voor een probleem dat zich overdag stelde. De activiteit van de hippocampus wordt tijdens de REM-slaap namelijk tot een minimum herleid, wat de cortex in staat stelt om vrij te associëren over oplossingsmogelijkheden voor problemen die zich overdag voordeden, zonder dat de hippocampus tussenkomt om de informatie logisch te ordenen. Op die manier treden er onbewust meer en creatievere oplossingen op de voorgrond. Dit betekent evenwel niet dat 'er een nachtje over slapen' voor elk probleem een antwoord brengt (Saey 2009).

Tot slot vervult de REM-slaap ook een essentiële rol bij het *offline memory processing* (Dewil 2009). Smith stelde in 1995 vast dat de consolidatie van niet-declaratieve of procedurele taken in het geheugen gevoelig is voor REM-slaap deprivatie (Empson 2002). Wat de exacte rol van de REM-slaap in dit proces is, wordt verder in '3.7 Slaap en geheugen' besproken.

3.4.4 Functies van de SWS

Wetenschappers staan voor een groter raadsel over wat nu de specifieke functies van de SWS zijn. Dit komt doordat talloze onderzoekers er lange tijd van uitgingen dat de enige functie van de SWS het laten rusten van de hersenen was, door de op het eerste gezicht totale inactiviteit van het brein (Hartmann 1973). Verschillende studies wezen dit inderdaad uit. Na een dag van intense cerebrale

activiteit heeft het brein meer rust nodig, wat tot uiting komt in een dan verhoogde hoeveelheid SWS (Carlson 2010: 308). Na zware mentale inspanningen werden door onderzoekers de hoogste niveaus van SWA, die bestaat uit grote en langzame bifasische hersengolven, gemeten. Het eerste deel van die golven impliceert inderdaad een non-actieve status van de neuronen. De aanwezigheid van SWA lijkt dus een indicatie te vormen dat de hersenen aan het rusten zijn (Carlson 2010).

Wilson ontdekte evenwel dat het tweede deel van de golven uit het erg korte en intense vuren van neuronen bestaat. Deze golfjes of 'ripples' zouden volgens hem als doel de transfer van informatie van de hippocampus, de tijdelijke opslagplaats van informatie, naar de lange termijn opslag in de neocortex hebben (Saey 2009).

Ook dit stadium van de slaap is dus verre van een inactieve fase. Evenals de REM-slaap vervult de SWS een functie in het *offline memory processing* (Dewil 2009). In 1997 poneerden Plihal en Born al dat de SWS een centrale rol speelt bij de consolidatie in het declaratieve geheugen. Wat de precieze functie van de SWS hierin is, komt verder uitgebreid aan bod in '3.7 Slaap en geheugen'.

3.5 Veranderingen in de slaap tijdens het verouderingsproces

De slaap van de mens is aan een continue evolutie onderhevig. De eerste levensmaanden, de adolescentie en de middelbare leeftijd zijn drie fasen in het leven die door de meest significante veranderingen in het slaappatroon gekenmerkt worden (Verbraecken 2013: 83). Bij het ouder worden neemt het aantal klachten over de slaap toe. Dit hangt samen met de aanzienlijke veranderingen die in het slaappatroon bij het gezonde verouderingsproces optreden. Vanaf de middelbare leeftijd, ongeveer tussen vijfenveertig en zestig jaar, uiten deze veranderingen zich het nadrukkelijkst. Het is evenwel belangrijk op te merken dat de mate waarin deze wijzigingen zich manifesteren, verschillend is van individu tot individu (Schmidt 2012).

De opvallendste fysiologische veranderingen doen zich in de NREM-slaap voor. Het aantal, de densiteit en de duur van de slaapspoeltjes vermindert (Verbraecken 2013: 91). De duur van de lagere stadia in de NREM-slaap, vooral het tweede stadium, verhoogt tevens gradueel. Daarmee gaat een significante daling van de SWA gepaard, die gekarakteriseerd wordt door een kleinere amplitude en een lagere concentratie van de hersengolven (Fogel 2012). Bij oudere vrouwen werd per nacht een licht hoger percentage SWS en SWA dan bij mannen teruggevonden (Dijk 2010).

De reductie in de SWS en de SWA kan aan een afname van de homeostatische slaapbehoefte gekoppeld worden (Dijk 2010). De werking van het homeostatische systeem verzwakt bij oudere volwassenen, waardoor ze overdag een kleinere slaapnood opbouwen. Die lagere slaapbehoefte heeft een aantal aan elkaar gerelateerde gevolgen. Het duidelijkste gevolg is de aantasting van de continuïteit van de slaap, wat leidt tot het wakker liggen in de nacht. Ook kampen oudere volwassenen met een grotere moeite om in slaap te vallen en ontwaken ze vroeger in de ochtend. Dit resulteert in een grotere behoefte aan dutjes overdag. Daarnaast neemt de hoeveelheid diepe slaap gradueel af. Al deze gevolgen bij elkaar monden uit in een vermindering van de totale slaapduur, wat de slaapkwaliteit en het slaaprendement negatief beïnvloedt (Schmidt 2012).

Het circadiaanse systeem ondergaat eveneens een wijziging in het verouderingsproces. De activiteit van de Nucleus Suprachiasmaticus verkleint door een lager en trager vuren van de

neuronen. Daardoor scheiden oudere volwassenen bij het donker worden minder melatonine af, wat zorgt voor een minder snel optredend slaperig gevoel. De wijzigingen in het slaappatroon bij het ouder worden, worden dus voornamelijk door een aangetaste interactie tussen het homeostatische en circadiaanse proces bepaald (Schmidt 2012).

Een minder opvallende verandering in de slaap bij individuen van middelbare leeftijd is de reductie in REM-slaap. Dit heeft echter geen specifieke gevolgen (Harand 2012).

Alle wijzigingen in het slaappatroon, vooral degene die zich voordoen binnen de NREM-slaap, kunnen aan de vastzetting van informatie in het declaratieve geheugen bij oudere volwassenen gelinkt worden (Fogel 2012). In 2007 stelden Backhaus e.a. bij personen tussen achtenveertig en vijfenvijftig jaar vast, dat er een verzwakte consolidatie van semantisch gerelateerde woordparen in het declaratieve geheugen optrad. Dit verklaarden ze door een minder SWS-rijke slaap, wat een ongunstig effect op het declaratieve geheugen teweegbracht. Deze vondst werd echter veelvuldig bediscussieerd. Wat wel ontegensprekelijk gezegd kan worden, is dat de wijzigingen in de slaap, en dan vooral deze in de NREM-slaap, een invloed hebben op de consolidatie van informatie in het declaratieve geheugen. Wat echter de precieze impact hiervan is, moet nog door verdere studies verhelderd worden (Fogel 2012).

3.6 Mentale activiteit in de slaap

Vanaf het begin tot circa het midden van de twintigste eeuw geloofden wetenschappers dat de mens tijdens de slaap in een onbewuste staat verkeerde, omdat een persoon zich niets van de periode die hij sliep kan herinneren (Carlson 2010). Latere studies toonden echter het tegendeel aan. Hoe kan immers anders de mentaal erg inspannende mentale activiteit van het dromen verklaard worden? Het antwoord op deze vraag moesten onderzoekers lange tijd schuldig blijven.

3.6.1 De slaap: staat van bewustzijn op een ander niveau

Ondanks een gebrek aan reactie op prikkels uit de buitenwereld is het fout om de slaap als een staat van onbewustheid te typeren. Er is wel degelijk sprake van het bij 'bewustzijn' zijn tijdens de slaap, maar weliswaar in een andere staat van bewustzijn dan in de waaktoestand (Carlson 2010). Pas in de jaren dertig van de twintigste eeuw ontdekten onderzoekers via het EEG dat het brein tijdens de slaap activiteit vertoont. Toen stonden echter vele wetenschappers nog erg sceptisch tegenover deze vondst. Pas in 1953, bij de ontdekking van de REM-slaap door Eugene Aserinsky en Nathaniel Kleitman, werd onweerlegbaar bewijs gevonden dat de slaap geen onbewuste staat is (Hobson 2003). Binnen dit stadium van de slaap stelden onderzoekers door middel van het EEG vast dat de hersenen geactiveerd werden. Ook werd vastgesteld via het EOG dat de ogen snelle heen en weer bewegingen maakten en aan de hand van het EMG konden bewegingen van het gelaat en bepaalde reflexen waargenomen worden (Hobson 2003).

3.6.2 Mentale activiteit in de REM-slaap

Na de ontdekking van de REM-slaap volgde een overvloed aan onderzoek naar deze slaapfase. Daarbij waren wetenschappers vooral door het dromen gefascineerd. Dit leidde ertoe dat de studie van dromen een aspect van de neurowetenschappen werd en het vanaf dan, naast een psychologische, ook een wetenschappelijke benadering kreeg. In wetenschappelijke termen werd het begrip 'droom' vanaf dan het frequentst aangeduid door 'sleep mentation' (Fagioli 2002).

Studies wezen uit dat de bloedstroom tijdens de REM-slaap in de visuele associatieve cortex verhoogd is. Deze stijging in activiteit kan met de visuele hallucinaties verbonden worden, die tijdens het dromen binnen de REM-slaap plaatsvinden (Carlson 2010).

Verdere studies leverden bewijs dat de hersengebieden die in een droom geactiveerd worden, ook actief zijn wanneer deze gebeurtenissen zich in het echt voordoen. Zo worden de corticale en subcorticale motorische regio's geactiveerd wanneer een droom beweging omvat, alsof het individu echt aan het bewegen is. Als er in een droom gesproken en/of geluisterd wordt, treedt er een activatie van de gebieden in het brein op, die betrokken zijn bij de spraak en/of het luisteren (Carlson 2010).

3.6.3 Mentale activiteit los van de REM-slaap

Pas een behoorlijke tijd na de ontdekking van de REM-slaap ontdekten wetenschappers dat de neuronale activiteit gedurende de slaap continu is. Er werd immers in elk slaapstadium een specifieke hersenactiviteit gemeten, die verschilde van de hersenactiviteit tijdens de waaktoestand (Empson 2002). Gedurende de NREM-slaap wordt de neuronale activiteit door de bifasische golven gekarakteriseerd (Luppi 2005). De tweede slaapfase vertoont een bijna even grote hersenactiviteit als de REM-slaap, wat aanleiding geeft tot dromen (Hobson 2003). Dus hoewel narratieve dromen het vaakst aanwezig zijn binnen de REM-slaap, kunnen deze ook binnen de slaapfasen van de NREM-slaap voorkomen (Carlson 2010).

In de slaap komt er afwisselend een hoge en een lage hersenactiviteit voor. Dit hangt samen met het stadium van de slaap waarin een individu zich op een bepaald moment bevindt. Dat zorgt ervoor dat de slaper tot op een bepaalde hoogte in staat is om op externe stimuli te reageren. Door de mentale activiteit tijdens de slaap kan informatie van buitenaf efficiënt verwerkt worden (Luppi 2005). Hoe dit offline verwerkingsproces precies in zijn werk gaat, komt uitgebreid aan bod in het volgende onderdeel.

3.7 Slaap en geheugen

3.7.1 Een passieve en een actieve rol van de slaap in de geheugenconsolidatie

Dat er een link bestaat tussen de slaap en het geheugen is onmiskenbaar. Onderzoekers suggereren zelfs dat de belangrijkste functie van de slaap de vastzetting van herinneringen in het geheugen zou zijn (Born 2012).

De slaap vormt een offline platform voor de consolidatie in het geheugen en dit op twee manieren (Born 2012). Ten eerste kreeg de slaap initieel een passieve rol in dit proces toegekend. Zo zorgt de verlaagde bewustzijnstoestand ervoor dat de slaper grotendeels van externe stimuli afgesloten wordt (Rasch 2013). Dit leidt er ten eerste toe dat de geheugensporen door de slaap resistenter worden tegen de toekomstige interferentie of tussenkomst van nieuwe herinneringen (Verbraecken 2013: 100). De schade die interferentie veroorzaakt, is overigens tijdgebonden (Rasch 2013). Hoe kleiner het interval tussen het leren en het slapen, hoe sterker de consolidatie en omgekeerd (Gais 2006). Ook de aard van de informatie die voor tussenkomst zorgt, speelt een rol. Wanneer de gelijkenis tussen de verworven kennis en de interfererende informatie groot is, is de beschadiging van de consolidatie reëler (Rasch 2013). Een tweede wijze waarop de slaap een passieve rol speelt bij de vastzetting in het geheugen is een staat aanbieden waarin de geheugensporen tegen verval of vergeten beschermd zijn (Verbraecken 2013: 100).

Verdere studies wezen echter uit dat de slaap ook een actieve rol speelt bij de consolidatie in het geheugen, via het '*Active System Consolidation Model*' (Rasch 2013). Dit model bestaat uit drie elementen. Het basismechanisme voor de offline consolidatie bestaat ten eerste uit de reactivering in opeenvolgende slaaperioden van de hersenregio's, die tijdens de waaktoestand bij het leren betrokken waren (Born 2012). Vooral in de SWS komen deze reactiveringen het frequentst voor en dit het duidelijkst bij hippocampusafhankelijke, declaratieve geheugentaken (Rasch 2013). Daarbij werd vooral in de hippocampus, en de verbindingen daarvan met de neocortex, de hoogste activiteit gemeten (Born 2012). De corticale verbindingen, die bij het verwerven van de nieuwe kennis aangemaakt werden, worden door reactivering ervan, een proces dat vooral plaatsvindt tijdens de slaap en voornamelijk in de SWS, versterkt, om nadien getransformeerd en geïntegreerd te worden in het langetermijngeheugen (Rasch 2013). Daarbij werd een positieve correlatie met een verbeterde retentie van nieuwe declaratieve kennis na een SWS-rijke slaap gevonden (Walker 2009).

Een tweede aspect bij de actieve systeemconsolidatie vormt de selectie (Born 2012). In de slaap worden preferentieel herinneringen gecodeerd, die relevant zijn voor de toekomstplannen van de persoon. Daarbovenop grijpt er een sterkere consolidatie van emotioneel geladen herinneringen plaats. De band tussen de nieuwe herinnering en de eerder opgeslagen herinnering heeft eveneens een invloed op de vastzetting van informatie in het langetermijngeheugen. Hoe hechter die band is, hoe vlotter en sterker de herinnering in de slaap verstevigd wordt (Rasch 2013). Tot slot geniet een expliciet verworven herinnering meer voordeel dan een impliciet gecodeerde herinnering van een slaapafhankelijke consolidatie (Born 2012).

Het derde facet van de actieve systeemconsolidatie is de reorganisatie van de herinneringen, zodat deze in de bestaande neuronale netwerken ingepast kunnen worden. Dat maakt het toekomstige ophalingsproces van de herinneringen uit het geheugen mogelijk (Born 2012).

3.7.2 De complementaire rol van de slaapstadia bij de geheugenconsolidatie

Elk slaapstadium is verantwoordelijk voor de versteviging van een bepaald type van het geheugen. Tucker e.a. vonden in 2006 dat de SWS en de REM-slaap elk een verschillende rol bij de consolidatie in het langetermijngeheugen vervullen. In hun experiment dienden de proefpersonen twee verschillende geheugentaken te leren. Enerzijds kregen ze een procedurele taak, de *'Mirror Tracing Task'*³ en anderzijds een declaratieve taak, meer bepaald het leren van een lijst woordparen. Daarna mocht de helft van de deelnemers een dutje van een uur doen, terwijl de rest wakker bleef. Net voor de REM-slaap werd de slapende groep gewekt. Nadien werden alle proefpersonen zes uur na de training voor beide geheugentaken getest. De onderzoekers namen een significante verbetering bij het vervullen van de declaratieve taak waar bij de individuen die een dutje hadden gedaan. Er werd echter geen positief of negatief effect bij de procedurele taak teruggevonden (Carlson 2010: 309). Op basis van dit experiment en eerdere en latere gelijkaardige studies werd de *'Dual Process Hypothesis'* gevormd. Deze stelt dat de SWS een positieve invloed op het declaratieve of expliciete geheugen uitoefent en de REM-slaap de vastzetting in het niet-declaratieve of impliciete geheugen ondersteunt (Stickgold 2005).

Een latere studie van Stuart M. Fogel uit 2007 wees uit dat de consolidatie van een procedurele geheugentaak nog in een andere slaapfase dan de REM-slaap plaatsgrijpt. Het tweede slaapstadium staat namelijk in voor de verfijning van bestaande, eenvoudige procedurele vaardigheden. In de REM-slaap gaat het om de vastzetting van nieuwe, complexere procedurele taken (Fogel 2007). Elk slaapstadium vervult zo een aparte en complementaire rol bij de consolidatie van ervaringen, kennis en herinneringen in het langetermijngeheugen.

3.8 Het onderzoek van de neurowetenschapper Ken Paller

De neurowetenschapper Ken Paller, die verbonden is aan de Northwestern University, houdt zich voornamelijk met onderzoek naar de informatieverwerking in het brein tijdens de slaap bezig. Het uitgangspunt van een van zijn experimenten was op het principe van de informatieverwerking via externe stimulatie gegrondvest. Dit principe suggereert dat de hersenen door middel van stimulatie in de slaap voorrang geven aan de verwerking van die zaken die gebonden zijn aan de stimuli en dus de andere zaken daardoor minder goed verwerken (Arends 2012: 50-51). De resultaten van dit grensverleggende experiment publiceerde hij in augustus 2012 in *Nature Neuroscience* onder de titel *'Cued Memory Reactivation During Sleep Influences Skill Learning'*. Deze worden hieronder kort weergegeven.

De proefpersonen van zijn experiment leerden elk twee deuntjes op het klavier van een computer spelen. Na het oefenen deed iedereen een dutje van negentig minuten, wat de gemiddelde duur van een slaapcyclus is (Paller 2012). Tijdens de SWS kregen de deelnemers een van beide liedjes te horen. Na het dutje werd aan de proefpersonen gevraagd om beide deuntjes opnieuw te spelen.

³ Deze taak werd door Plihal en Born ontworpen. Het is de bedoeling dat de proefpersonen veertien figuren, weergegeven door middel van concentrische lijnen, zo snel en accuraat mogelijk met een pen omlijnen. Dat moeten de deelnemers doen door enkel naar hun hand te kijken in een spiegel. Daarbij moeten ze tussen de lijnen blijven, zonder deze te raken. Door veelvuldige oefening verbeteren zowel de snelheid als de accuraatheid van de proefpersonen bij de taak (Fogel 2007).

Daarbij was hun prestatie voor de twee deuntjes beter dan voor de slaap. Daarenboven maakten alle proefpersonen systematisch drie tot vier procent minder fouten bij het spelen van het liedje dat ze tijdens hun slaap in het slaaplaboratorium hadden gehoord (Anyaso 2012).

Met dit experiment toonde Paller aan dat beïnvloeding van de verwerking in het brein mogelijk is. De geheugenconsolidatie van de geselecteerde informatie kan dus in de slaap gestimuleerd worden (Arends 2012: 50). Belangrijk bij stimulatie in de nacht is wel dat de informatie op het juiste moment in de slaap aangeboden moet worden, meer bepaald tijdens de diepste slaapfase of de SWS. Zo wordt de nachtrust niet verstoord (Arends 2012: 52).

Via dit onderzoek werden er verscheidene deuren naar verdere studies geopend, maar effectieve toepassingen in de praktijk zijn er nog niet. Een van de nieuwe mogelijke onderzoeksterreinen is het bevorderen van het leren van een vreemde taal in de slaap (Anyaso 2012). De vraag die wetenschappers zich nu stellen, is of het mogelijk zou zijn om de kennis van een taal, die gedurende de dag werd verworven, door stimulatie tijdens de slaap in het geheugen vast te zetten, waardoor het leren van een nieuwe taal versneld kan worden. In de ban door deze vragen werd besloten zelf het heft in handen te nemen en te onderzoeken of dit inderdaad voor het leren van een vreemde taal geldt.

DEEL 2: HET ONDERZOEK

4 Onderzoeksvraag

Voor dit onderzoek werd vanuit de volgende onderzoeksvraag vertrokken: 'Wat is het effect van auditieve stimulatie van de hersenen met betekenisvolle geluiden tijdens de slaap op de consolidatie van net geleerde Spaanse woorden in het geheugen? Is het mogelijk om via auditieve stimulatie van de hersenen met betekenisvolle geluiden tijdens de slaap de consolidatie van net geleerde Spaanse woorden in het geheugen te versterken?'

Wat houdt deze probleemstelling nu echter concreet in?

Het draait binnen dit experiment niet om het leren van iets nieuws in de slaap. Toch blijkt 'inception', het implanteren van nieuwe informatie in het brein van slapende personen, in het echt tot op een bepaalde hoogte werkelijkheid te zijn. Een recent onderzoek uit 2012 heeft namelijk aangetoond dat het mogelijk is om zich in de slaap onbewuste kennis eigen te maken. Enkele Israëliische wetenschappers lieten slapende proefpersonen een aantal tonen horen, waaraan telkens een aangename of een onaangename geur gekoppeld was. De ochtend nadien vertoonden de participanten bij het afspelen van de tonen een snuifreflex, ook wanneer er geen geur te ruiken was. De snuifbeweging was dieper bij de onaangename dan bij de prettige geuren, net zoals dat normaal het geval is. Op die manier slaagden deze onderzoekers erin om voor het eerst aan te tonen dat het wel degelijk mogelijk is om iets nieuws te leren in de slaap, meer bepaald een reflex, maar dan wel op het onbewuste niveau (Arzi 2012 & Rijnvis 2013). Er werd echter nog geen positief resultaat voor het al slapend leren van nieuwe bewuste kennis behaald. Inspanningen om een individu in de slaap een hippocampusafhankelijke, declaratieve taak, zoals het leren van nieuwe woordenschat, aan te leren, bleken op grote schaal onsuccesvol. Echt al slapend iets nieuws oppikken, blijkt (momenteel) enkel uitvoerbaar voor eenvoudige zaken. Een verklaring hiervoor is dat er te veel regio's in het brein betrokken zijn en er een te complexe samenwerking tussen de hersengebieden is bij het verwerven van ingewikkeldere materie (Arzi 2012).

Aangezien binnen dit experiment gewerkt werd met het memoriseren van een vreemde taal, een (complexe) taak gebonden aan het declaratieve geheugen, was het een op voorhand mislukt opzet om de nieuwe woordenschat louter in de slaap aan de proefpersonen te presenteren. Daarom werd het onderzoek over een lichtelijk andere boeg gegooid. Er werd nagaan of de geheugenconsolidatie, de omzetting van onstabiele herinneringen van het kortetermijngeheugen naar passieve herinneringen in het langetermijngeheugen, van net geleerde Spaanse woorden, door auditieve stimulatie met betekenisvolle geluiden in de slaap, versterkt kon worden (Arzi 2012). Via de presentatie van de geluiden in de slaap werd het verwerkingsproces gestuurd, doordat van buitenaf bepaald werd met welke informatie de hersenen bij het verwerkingsproces in de slaap aan de slag gingen. Het draaide in dit experiment bijgevolg niet om het leren van iets nieuws in de slaap, maar om de versterking van de net verworven woordenschatkennis in het brein.

Deze onderzoeksvraag werd aan twee leeftijdscategorieën getoetst. Daarbij werd de vraag gesteld of er een verschil was in de geheugenconsolidatie door middel van auditieve stimulatie tussen een jonge en een oudere leeftijdsgroep. Daartoe werden proefpersonen uit twee leeftijdscategorieën geselecteerd, meer bepaald een leeftijdsgroep van 18 tot en met 23 jaar en een leeftijdsgroep van middelbare leeftijd van 45 tot en met 55 jaar. Op die manier kon de mate van geheugenconsolidatie tussen beide leeftijdscategorieën met elkaar vergeleken worden. Tevens kon zo een onderscheid tussen studerende en werkende tot stand gebracht worden. Zo werd nagegaan of er een discrepantie tussen studenten en werkende bestond bij de consolidatie van de net geleerde Spaanse woorden in het brein ten gevolge van de auditieve stimulatie.

In deze masterscriptie wordt getracht om elk aspect binnen deze onderzoeksvraag onder de loep te nemen en de bevindingen zo accuraat mogelijk te formuleren. Uiteraard is het nodig om bijkomend onderzoek naar dit onderwerp te verrichten, om zich een vollediger en correcter beeld, over de invloed van externe betekenisvolle stimulatie van het brein tijdens de slaap, op de consolidatie en de retentie van een vreemde taal te kunnen vormen.

5 Concept experiment

5.1 Hoe het allemaal begon ...

De idee voor dit experiment werd deels uit het artikel 'Slapend leren' uit het EOS-magazine van oktober 2012 gehaald. Daarin stond kort het opzet van Ken Paller's experiment vermeld (zie 3.8 'Het onderzoek van de neurowetenschapper Ken Paller'). De studie van Paller toonde aan dat door stimulatie de verwerking van recent geleerde informatie tijdens de slaap voorrang krijgt op de niet-gestimuleerde nieuwe informatie bij een procedurele, motorische geheugentaak (Paller 2012). Zijn onderzoek was dermate intrigerend, dat de idee ontstond om een gelijkaardig experiment op poten te zetten. Door verder opzoekingswerk werd op nog onderzoeken die de rol van de blootstelling aan betekenisvolle stimuli tijdens de slaap op de geheugenconsolidatie bestudeerd hebben, gestuit. Die studies richtten zich echter niet op procedurele, maar op declaratieve geheugentaken (van Dongen 2013). Drie onderzoeken trokken daarbij vooral de aandacht.

In 2007 lieten Björn Rasch e.a. hun proefpersonen de locaties van objecten op een computerscherm memoriseren. Tijdens het oefenen werden de deelnemers aan een bepaalde geur blootgesteld. In de periode van de slaap na het leren werden de proefpersonen gedurende de SWS opnieuw met de geur geconfronteerd. Dit zorgde voor een verhoogde activiteit in de hippocampus en leidde bij de test na de slaap tot een betere retentie van de locaties van de objecten. Dit suggereerde dat de reactivering en de stabilisatie van net verworven herinneringen in de slaap door betekenisvolle stimuli gemanipuleerd kan worden (Rasch 2013 & van Dongen 2013).

Een tweede veelzeggend experiment in dit verband is een studie van John D. Rudoy e.a. (2009). Zij verfijnden het onderzoek van Rasch e.a. (2007) door geen globale stimuli te gebruiken, maar door aan elke locatie afzonderlijk een stimulus te koppelen. Als externe stimuli werden deze keer geen geuren, maar betekenisvolle geluiden (bijvoorbeeld: auto, geluid van een toeter) gebruikt. Tijdens de SWS in de slaap na het leren kregen de participanten een deel van de geluiden, die gebonden waren aan de objectlocaties, te horen. Zo toonden zij aan dat de prestaties van de participanten hoger waren voor de objectlocaties waarvan zij de geluiden in de SWS gehoord hadden, in vergelijking met de andere objectlocaties. Daarmee leverden ze bewijs dat het mogelijk is om de consolidatie in het geheugen selectief tijdens de slaap te vergemakkelijken (zie van Dongen 2013).

Voor zijn proefschrift ontwierp Eelco van Dongen een aangepaste versie van het onderzoek van Rudoy e.a. (2009). Daarin nam hij de neuronale mechanismen in het brein bij gerichte reactivering onder de loep. Zijn onderzoekspersonen moesten 's avonds de locaties van vijftig objecten op een beeldscherm onthouden. Elk voorwerp werd van een toepasselijk geluid vergezeld (bijvoorbeeld: kat, geluid gemiauw). Tijdens de daaropvolgende slaap werden de deelnemers tijdens de SWS aan de helft van de geluiden, vermengd met onbekende geluiden, blootgesteld (van Dongen 2013: 91). Ze waren echter niet op de hoogte dat ze in hun slaap de geluiden zouden horen.

Er werd door de onderzoeker bilateraal een verhoogde activatie in de mediale temporale kwab, die onder andere bestaat uit de hippocampus, de thalamus en het cerebellum, gemeten bij de betekenisvolle geluiden, maar niet bij de onbekende geluiden. Dit was het hersengebied dat initieel bij het leerproces betrokken was (van Dongen 2013: 89). Er kon eveneens een verbeterde prestatie op de test na de slaap waargenomen worden voor de objectlocaties van de geluiden waaraan de deelnemers tijdens de nacht blootgesteld waren. De stimulus gerelateerde activiteit in de mediale temporale kwab was dus positief gecorreleerd met een betere retentie van de corresponderende objectlocaties (van Dongen 2013: 95). De participanten bij wie de activiteit in de vermelde regio het hoogste was, vertoonden tevens de hoogste resultaten op de test na de slaap. Dat leverde bewijs dat de reactivering van de initieel bij het leren betrokken breinregio's een rol speelt bij de stabilisatie van herinneringen in het langetermijngeheugen. Het onderzoek laat zo zien dat het mogelijk is om 's nachts gericht de geheugenverwerking met geluidsprikkels van buitenaf te sturen (van Dongen 2013: 88).

5.2 De Spaanse invalshoek van dit experiment

Nu het wetenschappelijk aangetoond is dat het verwerkingsproces tijdens de nachtrust gemanipuleerd kan worden, zijn onderzoekers op zoek naar mogelijke manieren waarop met zulke ingrepen in de slaap ook een wezenlijk verschil gemaakt kan worden (Arends 2012). Een van de plausible toepassingen is het bevorderen van het leren van een vreemde taal. Gefascineerd door deze invalshoek werd besloten een gelijkaardig experiment uit te denken, om te testen of dit inderdaad ook geldt bij het leren van een nieuwe taal.

Om drie redenen werd het Spaans als vreemde taal gekozen. Ten eerste heeft Silke deze taal in haar opleiding als derde taal gekozen, naast het Duits en het Nederlands. Van deze drie talen is het Spaans de minst gekende onder de Vlaamse bevolking. Ten tweede is het Spaans vandaag de dag een wereldtaal, met als gevolg dat het een vrij populaire taal is om te studeren. Tot slot leunt het Spaans sterk aan bij het Frans, waardoor het voor de proefpersonen eenvoudiger kan zijn om zich de woorden eigen te maken, doordat er duidelijke linken tussen beide talen te leggen vallen.

Er werden veertig Spaanse woorden binnen het thema 'de woning' geselecteerd. Zo kregen de deelnemers in vier kamers uit een woning, meer bepaald de badkamer, de keuken, de slaapkamer en de tuin, telkens tien woorden aangeboden. Per kamer varieerde de moeilijkheidsgraad van de begrippen, gaande van vrij eenvoudige tot vrij complexe woordenschat. Een overzicht van de Spaanse woordenschat kan in de bijlage '16.1 Spaanse woordenschat' teruggevonden worden.

5.3 Aanpak experiment

Het doel van dit experiment was om na te gaan of de geheugenconsolidatie van net geleerde Spaanse woorden door middel van betekenisvolle auditieve stimulatie tijdens de SWS versterkt kan worden. Het experiment bestond uit drie delen, die hieronder uitvoerig uit de doeken gedaan worden.

5.3.1 De eerste avond: de oefensessie

Eerst en vooral werd op een avond, een paar uur voor het slapengaan, bij de proefpersonen een eerste maal thuis langsgedaan. Daar namen ze elk achter een computer plaats, om via het zelf ontworpen computerprogramma '*Las Mil y Una Noches*' zelfstandig de Spaanse woorden in te oefenen. Aan elk woord was een betekenisvol geluid gekoppeld (bijvoorbeeld: 'de wekker': getik van een klok). Een selectie van deze geluiden vormde de externe stimuli waaraan zij tijdens de nacht blootgesteld zouden worden. De geluidsprakkers dienden ter sturing van de verwerking in het geheugen. De geluiden zouden immers zorgen voor de reactivering van de hersengebieden, die initieel bij het leren van de geselecteerde woorden betrokken waren. Het brein gaat zich zo hoofdzakelijk richten op de verwerking van de woorden die aan de afspelende geluiden gekoppeld waren. De deelnemers wisten dat ze tijdens de nacht iets te horen zouden krijgen, maar waren evenwel niet op de hoogte van het belang van de geluiden.

Telkens wanneer de proefpersonen een opgave correct gemaakt hadden, speelde het passende geluid af. Op die manier speelden de geluiden herhaaldelijk tijdens de verschillende oefeningen af, waardoor ze onbewust de koppeling tussen elk woord en elk geluid maakten. Zo was het leren van de geluiden een vorm van impliciet leren (zie eerder '2.4 Expliciet en impliciet leren in dit slaaponderzoek').

Nadat de participanten alle oefeningen voltooid hadden, werd een kwartier pauze voorzien. Tijdens dit intermezzo vulden ze de vragenlijst in en mochten ze zich even ontspannen (zie verder 5.5.2 Vragenlijst). Zo konden ze de woorden, voor ze aan de test begonnen, even laten bezinken en vond het consolidatieproces plaats.

Nadien volgde een korte test die bestond uit zestien opgaven. De test omvatte de acht woorden waarvan de helft van de proefpersonen de geluiden 's nachts zou horen en acht willekeurig geselecteerde woorden. Na het voltooien van de test zat de oefensessie erop. Dan was er nog even tijd voor ontspanning, om daarna, met op de achtergrond de CD met of zonder afspelende geluiden, onder de wol te kruipen voor een 'leerrijke' nacht. Opdat hun nachtrust optimaal zou zijn, sliepen de participanten allemaal in hun eigen bed, binnen een voor hen vertrouwde omgeving. De deelnemers gingen allemaal slapen met de notie dat de Spaanse woorden tijdens de nacht afgespeeld zouden worden. Wat ze niet wisten, was dat slechts de helft van de deelnemers 's nachts effectief aan een opname blootgesteld zou worden. Daarnaast waren ze zich er eveneens niet van bewust dat ze geen woorden, maar geluiden te horen zouden krijgen en dat het slechts om een selectie van de geluiden ging.

5.3.2 Test in de ochtend

De volgende ochtend werd, voor de proefpersonen naar school of naar hun werk gingen, opnieuw bij hen langsgedaan, om nogmaals dezelfde test af te nemen. De participanten waren echter niet op de hoogte dat het om dezelfde test ging. Ook werd aan hen gevraagd of ze in de nacht hinder van de opname ondervonden hadden. Indien ze langdurig wakker hadden gelegen, werden hun resultaten uit het onderzoek geschrapt.

5.3.3 Test een week later

Een week na de oefensessie werd 's avonds een laatste maal bij de participanten aangeklopt. Ze kregen de opdracht om opnieuw dezelfde test te maken, eveneens zonder dat ze beseften dat de test gelijk was aan de vorige twee testen. Er werd voor geopteerd om telkens dezelfde test te gebruiken, zodat de resultaten van de deelnemers individueel en onder elkaar exact te vergelijken vielen. Daarnaast werd ook gecontroleerd of de deelnemers de woorden niet opgezocht hadden. Indien ze dit gedaan hadden, werden hun resultaten uit het onderzoek geschrapt.

5.4 Belang SWS

5.4.1 Reactivering en selectiviteit

Globaal gezien speelt de slaap een centrale rol bij de consolidatie van herinneringen in het langetermijngeheugen. De slaap zorgt meer bepaald voor een vergemakkelijking van dit proces, door het mechanisme van de reactivering (van Dongen 2013). Uit onderzoek bleek dat de reactiveringen in het brein onder meer tijdens de SWS plaatsvinden. Tijdens de SWS treedt er namelijk een reactivering van de hersengebieden op, die initieel bij het verwerven van de nieuwe informatie betrokken waren. Dit alles impliceerde dat de SWS een specifieke rol speelt in de distributie van herinneringen van de tijdelijke naar de lange termijn opslag. Zo kunnen de nieuwe herinneringen of de nieuwe informatie in het langetermijngeheugen binnen de bestaande herinneringen geïntegreerd worden (Rasch 2013).

Via PET-scans werd waargenomen dat er zich tijdens de SWS, in vergelijking met de REM-slaap, een hogere spontane reactivering van de hersengebieden, die betrokken zijn bij de verwerking van hippocampusafhankelijke, declaratieve geheugentaken, voordoet. Susanne Diekelmann e.a. (2011) vonden dat de reactivering in de SWS tijdens de slaap na het leren de declaratieve herinneringen kon stabiliseren. Daardoor werden de herinneringen ook minder vatbaar voor interferentie en kon er na de slaap een verbeterde prestatie op declaratieve taken waargenomen worden (Payne 2011). Die toename in resultaat door de SWS werd algemeen consequenter bij het vrije oproepen, dan bij het herkennen van recent verworven kennis, teruggevonden. Dit hangt vermoedelijk samen met het feit dat het herkennen meer samenhangt met het impliciete geheugen en het vrije herinneringen eerder met het expliciete of declaratieve geheugen geassocieerd wordt. Verscheidene studies lieten immers een verbeterde prestatie bij het vrije oproepen van nieuw geleerde woorden na een SWS-rijke slaap, in vergelijking met een REM-slaap rijke slaap of geen slaap zien. Het resultaat van het herkennen van de woorden bleef na een SWS-rijke slaap onaangetast (Rasch 2013).

De SWS speelt dus zowel een actieve als een passieve rol in de geheugenconsolidatie. Aangezien het leren van een woordenlijst een taak is die aan het declaratieve geheugen gebonden is, speelt de SWS een cruciale rol bij de consolidatie en bijgevolg de retentie van de Spaanse woorden uit dit experiment. Daarom was het van essentieel belang dat de deelnemers tijdens de SWS aan de auditieve stimulatie blootgesteld werden. Om de positieve invloed van de SWS op het onthouden van de woorden optimaal te bestuderen, werden voor de test geen meerkeuzevragen opgesteld, waarbij de proefpersonen het juiste Spaanse woord moesten herkennen. Er werd daarentegen met

open vragen gewerkt, waarbij de deelnemers het correcte woord zelf moesten invullen. Zo werd getracht bij de participanten die aan de geselecteerde geluiden blootgesteld waren, op de test in de ochtend na de slaap, een duidelijk verhoogde prestatie in vergelijking met de test voor het slapengaan te verkrijgen.

5.4.2 Blootstelling aan externe stimuli tijdens de SWS

Tijdens de SWS grijpt er een reactivering van de mediale temporale kwab, met inbegrip van de hippocampale gebieden die de hoofdrol spelen bij de verwerking van declaratieve taken, plaats. Vanuit deze bevinding stelden wetenschappers dat externe stimuli die tijdens het leren van een taak aan het individu gepresenteerd werden, misschien bij de representatie ervan in de slaap, de taakgerelateerde neuronale activiteit in de slaap kon verhogen. Het brein staat immers tijdens de slaap open voor het verwerken van sensorische informatie, door de blootstelling van het individu aan kenmerkende stimuli, zoals betekenisvolle geluiden (Arzi 2012). Prikkel, zoals geuren of geluiden, die met de neuronale activiteit van een individu tijdens het leren geassocieerd werden, brachten een stijging van die neuronale activiteit in de slaap teweeg, wanneer de stimuli in de slaap opnieuw aangeboden werden (Keleman 2012). Dit uitte zich meer bepaald in een reactivering van de hippocampale regio's, die initieel bij het leren van die informatie, betrokken waren. Op die manier blijkt de slaap de retentie van de informatie die gekoppeld was aan de stimuli die expliciet tijdens de slaap aangeboden werden, selectief te versterken. De stimulatie zet het brein immers aan om slechts die specifieke herinneringen of informatie in de slaap te reactiveren en dus te consolideren (van Dongen 2013). Deze bevindingen zijn volledig naar analogie met de reactivering en selectiviteit waar binnen het '*Active System Consolidation Model*' op gewezen werd. Dat model geeft immers aan dat de slaap, via de reactivering en de selectie, een actieve rol speelt bij de consolidatie in het geheugen, zie eerder '3.7.1 Een actieve en een passieve rol van de slaap in de geheugenconsolidatie'.

Om te onderzoeken of dit fenomeen ook bij het leren van een nieuwe taal werkt, werd aan elk Spaans woord bij het leerproces een betekenisvol geluid gekoppeld. Zo legden de proefpersonen tijdens het oefenen onbewust de link tussen het geluid en het woord. Tijdens de SWS werden acht van de veertig geluiden herhaaldelijk bij de helft van de deelnemers binnen beide leeftijdsgroepen afgespeeld (experimentele groep). Zo kon worden nagegaan of er een hogere retentie was voor de woorden waarvan ze de geluiden in de slaap gehoord hadden dan voor de andere woorden en of hun retentie hoger lag dan die van de controlegroep, die niet aan de geluiden blootgesteld was. De externe stimuli, hier in de vorm van geluiden, manipuleren als het ware het verwerkingsproces van de Spaanse woorden in het geheugen, door enkel die hersengebieden te reactiveren die initieel betrokken waren bij het leren van de Spaanse woorden die aan die geluiden gelinkt waren. Dit leidt tot een versterking van de geheugenconsolidatie voor de woorden die aan de stimulatie gebonden waren.

Samengevat werden dus twee zaken onderzocht: ten eerste of het mogelijk was om het verwerkingsproces in de SWS bij het leren van een vreemde taal door externe geluiden te manipuleren. Ten tweede of deze 'manipulatie' een verhoogde retentie van de woorden die aan de stimuli gekoppeld waren tot gevolg had.

5.5 Materiaal experiment

5.5.1 Computerprogramma

Via het zelf ontworpen computerprogramma '*Las Mil y Una Noches*' kregen de proefpersonen een rondleiding in '*Casa Española*' om zich de Spaanse woorden eigen te maken.⁴ Het bezoek aan deze Spaanse villa kon volledig zelfstandig uitgevoerd worden. Tijdens de toer werden vier kamers aan de geïnteresseerden getoond: de slaapkamer, de badkamer, de keuken en de tuin. Per kamer werd de nadruk op tien voorwerpen, die typerend waren voor elke kamer, gelegd (bijvoorbeeld: badkamer: onder andere het bad, de douche en het toilet). Het was de bedoeling dat de deelnemers op het einde van de rondleiding de Spaanse woorden, voor de veertig voorwerpen die aan bod kwamen in de kamers, kenden. Dit werd bereikt aan de hand van vijf oefeningen die de participanten tijdens de toer moesten oplossen. De moeilijkheidsgraad van de oefeningen werd gestaag opgebouwd, waardoor ze een steeds betere retentie van de Spaanse woorden verwierven. In totaal duurde de oefensessie ongeveer een tot anderhalf uur, afhankelijk van onder andere de snelheid, de computervaardigheid en de taalvaardigheid van de proefpersonen. Elke oefening werd zorgvuldig getimed, waarbij altijd de tootaaltijd en ook de duur van iedere opgave binnen de oefening bijgehouden werd. Daarnaast werd het aantal hints, die ze in een paar oefeningen konden vragen, geteld, zodat het duidelijk was welke woorden ze vlot konden onthouden en met welke woorden ze (blijvend) worstelden. Dit alles werd na het beëindigen van het computerprogramma in een Excelbestand per deelnemer opgeslagen. Dat maakte het mogelijk om hun resultaten zo genuanceerd mogelijk te bestuderen, te verwerken en te vergelijken met de prestaties van de andere participanten. De Excelbestanden kunnen per deelnemer op de bijgevoegde USB teruggevonden worden. Een uitgebreid overzicht van de inhoud van de oefeningen en de testen valt in de volgende paragrafen te lezen.

5.5.1.1 Oefening 1

Ter verkenning van de Spaanse woordenschat moesten de proefpersonen intuïtief de Spaanse woorden verbinden met hun Nederlandse vertaling. Wanneer ze klikten op een van de kamers op de plattegrond, kregen ze twee kolommen met woorden te zien. De eerste kolom omvatte de tien Spaanse woorden voor de voorwerpen die gebonden waren aan die kamer. Bij elk woord stond een afbeelding van het voorwerp. In de tweede kolom stonden de Nederlandse vertalingen willekeurig door elkaar. Wanneer ze het cijfer van het Spaanse woord aan de juiste Nederlandse vertaling gekoppeld hadden, hoorden ze een passend geluid bij het voorwerp (bijvoorbeeld: 'de hond': geblaf). Om de deelnemers een beetje op weg te helpen, werd in de opgave als tip gegeven dat ze naar linken tussen de Spaanse woorden en andere talen, vooral het Frans en het Engels, moesten zoeken. Als ze een kamer volledig voltooid hadden, konden ze naar de volgende kamer doorklikken. Enkel indien ze de vier kamers doorlopen hadden, was het mogelijk om naar de volgende oefening over te gaan.

⁴ Het computerprogramma kan op de bijgevoegde USB teruggevonden worden. Hoe het programma opgestart dient te worden, wordt in de bijlage '16.3 Stappenplan computerprogramma' uitgelegd.

5.5.1.2 Oefening 2

De proefpersonen kregen opnieuw de plattegrond van de woning te zien. Bij het selecteren van een kamer verscheen er een lijst met de afbeeldingen van de voorwerpen uit die kamer. Door te klikken op het voorwerp kwam er een tekstvak tevoorschijn waar ze de ontbrekende letters van het Spaanse woord moesten invullen (bijvoorbeeld: het voorwerp van de deur: la p..r.a). Het aantal puntjes gaf aan hoeveel letters in het woord ontbraken. Naast elk woord stond een knopje 'hint', indien de deelnemers nog niet (volledig) in staat waren om alle letters aan te vullen. Wanneer ze daarop klikten, kwam bij elke klik een letter van links naar rechts tevoorschijn. De eventueel gemaakte fouten werden eveneens verbeterd, door het schrappen van de onjuist ingevulde letters. Na een juist antwoord hoorden ze opnieuw het passende geluid bij het voorwerp. Om de uitspraak van de woorden te horen, konden de deelnemers ook een vakje 'Speel de uitspraak af' aanklikken. Daarnaast verscheen er bij elk woord wat extra uitleg. Op die manier kregen ze een aantal trucjes aangereikt, om de woorden beter te kunnen onthouden. De juiste antwoorden en de ezelsbruggetjes bleven gedurende de hele oefening zichtbaar. Wanneer ze een kamer helemaal voltooid hadden, konden ze naar de volgende kamer doorklikken. Nadat de participanten alle kamers afgewerkt hadden, waren ze in staat om naar de volgende oefening over te gaan.

5.5.1.3 Oefening 3

In deze oefening oefenden de participanten de helft van de woorden, meer bepaald vijf uit elke kamer. Voor het eerst werden deze allemaal door elkaar aangeboden. De proefpersonen kregen telkens de Nederlandse definitie van een woord te zien (bijvoorbeeld: 'Een voorwerp dat dient om een slot mee open of dicht te doen.' Antwoord: (la) llave (de sleutel)). Daarbij verkregen ze tussen haakjes al het juiste Spaanse lidwoord. In het tekstvak naast de omschrijving moesten ze het Spaanse woord invullen, ditmaal zonder al ingevulde letters. Als hulpmiddel stond het aantal letters wel door middel van puntjes aangegeven. Er was net als in de vorige oefening een knopje om hints te krijgen aanwezig. Wanneer ze daarop klikten, werd bij elke klik een letter van links naar rechts aangevuld. Ook de eventueel gemaakte fouten werden verbeterd, door het verdwijnen van de onjuiste letters. Wanneer ze een juist antwoord gaven, speelde opnieuw het passende geluid af en kwam het knopje voor de uitspraak van de woorden tevoorschijn. Vervolgens konden de deelnemers doorklikken naar de volgende zin. Dit ging zo verder tot ze alle zinnen overlopen hadden. Nadien kwamen ze automatisch bij de vierde oefening terecht.

5.5.1.4 Oefening 4

De andere helft van de woorden, die niet aan bod kwamen in oefening drie, werd binnen deze oefening eveneens door elkaar geoefend. Het was de bedoeling dat de proefpersonen de Nederlandse spreekwoorden, wijsheden of rijmpjes met het juiste Spaanse woord in het daartoe voorziene tekstvak aanvulden (bijvoorbeeld: 'Als je ontbijt op bed wil, ga dan in de slapen.' Antwoord: (la) cocina (de keuken)). Het Spaanse lidwoord was telkens tussen haakjes gegeven. Als hulpmiddel zagen de deelnemers hoeveel letters elk woord telde, door middel van puntjes in het tekstvak. Het knopje om hints te bemachtigen, was wederom aanwezig. Bij een klik erop, verscheen een letter van links naar rechts en werden de eventueel gemaakte fouten verbeterd. Na

een juist antwoord hoorden de deelnemers opnieuw het passende geluid en werd het knopje om de uitspraak nogmaals af te spelen zichtbaar. Na het afwerken van deze oefening werden ze doorverwezen naar de laatste oefening.

5.5.1.5 Oefening 5

Bij de vijfde oefening kregen de deelnemers een overzicht van alle geleerde Spaanse woorden per kamer. In deze oefening moesten ze niet langer zelf de Spaanse woorden invullen. Deze oefening diende ter herhaling van de woordenschat. Bij het klikken op een kamer op de plattegrond kwam er van die kamer een tabel met alle Spaanse woorden en hun Nederlandse vertaling tevoorschijn. Daarbovenop bevond zich in de tabel ook de uitleg en de ezelsbruggetjes bij de woorden, samen met het knopje om het geluid nogmaals te beluisteren en het knopje voor de uitspraak van de woorden. De proefpersonen mochten elke kamer nog een maal, op eigen tempo, overlopen ter herhaling. Nadien was de oefensessie ten einde.

5.5.1.6 Test in de avond

Na het invullen van de vragenlijst (zie verder 5.5.2 Vragenlijst), wat ongeveer een kwartier in beslag nam, mochten de proefpersonen aan de test beginnen. Daarin werd de kennis van de deelnemers voor zestien van de veertig woorden getest. De test bevatte de acht woorden die sommigen in hun slaap zouden te horen krijgen en acht andere woorden. Daartoe werden vier woorden per kamer geselecteerd. De gekozen objecten werden ofwel beschreven aan de hand van een zin gesproken vanuit het perspectief van het voorwerp (bijvoorbeeld: 'Voor een krokant sneetje groot of klein moet je bij mij zijn.' Antwoord: el tostador (de broodrooster)) ofwel door middel van de Nederlandse vertaling van het woord (bijvoorbeeld: 'de slaapkamer'. Antwoord: el dormitorio). Elke zin of elk woord werd afzonderlijk gepresenteerd. Bij het verschijnen van elke opgave speelde onmiddellijk het bijbehorende geluid af. Zo werd hun geheugen voor dat specifieke woord gereactiveerd. In het daartoe voorziene tekstvak moesten de participanten het Spaanse woord invullen of typen wat ze nog wisten. Er konden niet langer hints gevraagd worden. Fouten in het gebruik van de lidwoorden of de accenten in de Spaanse woorden werden niet als fout aangerekend. Na elke opgave kon naar de volgende omschrijving overgegaan worden. Ook wanneer er niets ingevuld werd, was het mogelijk om door te klikken naar de volgende opgave. De juiste antwoorden kregen ze niet te zien. Na het voltooien van de test zat de avondsessie erop en kon het computerprogramma worden afgesloten. De resultaten, van zowel de oefeningen als de test, werden van elke deelnemer automatisch in een Excelbestand opgeslagen. Ook na de test werd geen feedback op hun al dan niet correcte antwoorden gegeven.

5.5.1.7 Test in de ochtend

In de ochtend verliep de test op dezelfde manier als de avond ervoor. De Spaanse woorden die bij de test de volgende ochtend ondervraagd werden, waren dezelfde als die van de avond ervoor. Het enige verschil was dat de woorden die in de test 's avonds via de Nederlandse vertaling weergegeven waren, nu beschreven werden met een zin gesproken vanuit het perspectief van het

voorwerp en omgekeerd. Door dezelfde woorden te bevragen, konden de resultaten van de deelnemers concreet met elkaar vergeleken worden.

5.5.1.8 Test een week later

Een week na de oefensessie werd opnieuw naar het huis van de proefpersonen getrokken, om een laatste keer dezelfde test, op dezelfde manier als de vorige twee keer, af te nemen. De wijze waarop de woorden aan de deelnemers aangeboden werden, werd andermaal door elkaar geschud. Zo leek het alsof de proefpersonen drie keer een andere test kregen, terwijl eigenlijk telkens dezelfde woorden bevroegd werden.

5.5.2 Vragenlijst

Tussen de laatste oefening en de test 's avonds dienden de proefpersonen een vragenlijst in te vullen, zodat relevante gegevens over de deelnemers met betrekking tot dit onderzoek verzameld konden worden. Door ze de vragenlijst op dat moment aan te reiken, werd er tussen de oefeningen en de test een pauze van ongeveer een kwartier ingelast. Zo moesten ze zich even op iets anders focussen, waardoor ze tijdelijk niet bezig waren met de Spaanse woorden en ze deze konden laten bezinken. Zo vond het consolidatieproces plaats.

De vragenlijst bestond zowel bij de jongere groep als bij de groep van middelbare leeftijd uit vier delen: de persoonlijke gegevens, de schoolgegevens, ruimte voor de datum en hun handtekening en de talenkennis. Bij de oudere categorie kwamen daar nog de werkgegevens bij. Binnen de talenkennis werd een onderscheid tussen de vier vaardigheidsdomeinen gemaakt: luisteren, lezen, spreken en schrijven. Daarbij moesten de deelnemers aangeven of ze zeer goed, goed, matig, zwak of slecht scoorden op deze vier vaardigheden voor respectievelijk het Nederlands, het Frans, het Engels, het Duits en eventuele andere talen die ze beheersten. Op die manier werd een relatief genuanceerd beeld van hun taalvaardigheid verkregen. Indien de participanten eventuele opmerkingen hadden, konden ze deze op het einde van het formulier noteren. In de bijlage '16.2 Vragenlijsten' kan voor beide leeftijdscategorieën een voorbeeld van de vragenlijst teruggevonden worden.

5.5.3 CD

Voor het slapengaan werd bij alle participanten in hun slaapkamer een radio met een iPod, een mp3-speler of een CD geïnstalleerd. Bij circa de helft van de deelnemers binnen elke leeftijdscategorie (negen jongeren en negen ouderen) speelde de hele nacht een CD zonder geluid af. Er werden op de CD wel nummers geplaatst en die werden op *repeat* gezet, zodat de proefpersonen in de waan verkeerden dat ze effectief iets in de slaap te horen kregen. De andere helft uit elke leeftijdscategorie (twaalf jongeren en twaalf ouderen) kreeg herhaaldelijk tijdens de nacht, via een iPod of een mp3-speler die aan een radio gekoppeld was, de acht geselecteerde geluiden uit de oefeningen te horen. De deelnemers kregen de geluiden van de volgende voorwerpen te horen: de wekker, het vensterluik, de mat, de spiegel, de voorraadkast, de wijnkelder, de sleutel en de vogel.

Binnen deze twee groepen werd nog een onderscheid op basis van geslacht gemaakt. Zes vrouwen en drie mannen binnen de jonge leeftijdsgroep kregen de geluiden niet te horen, tegenover zes vrouwen en zes mannen die wel aan de geluiden blootgesteld werden. Binnen de groep van middelbare leeftijd hoorden zes vrouwen en zes mannen de geluiden en zes vrouwen en drie mannen niet. Zo werd een min of meer evenredige verdeling tussen het aantal mannen en het aantal vrouwen verkregen die in de slaap al dan niet aan de auditieve stimulatie blootgesteld werden. Het volume van de radio's werd verder tot een minimum beperkt, zodat de proefpersonen niet konden ontwaken bij het horen van de geluiden en hun slaap dus niet onderbroken werd.

Het was daarnaast van belang dat de geluiden op het juiste moment in de slaap, namelijk tijdens de SWS, afspeelden. Daarom werden, op basis van de doorsnee tijdstippen waarop een gezond individu zich in een bepaald stadium van de slaap bevindt, berekeningen gemaakt, om de periode van de SWS binnen elke slaapcyclus ongeveer vast te leggen. Een volledige slaapcyclus duurt ongeveer negentig minuten, waarna een individu nog eens twintig minuten in de REM-slaap vertoeft. De gemiddelde tijd om alle slaapstadia te doorlopen, bedraagt bijgevolg circa 110 minuten (Carlson 2010). Dit cijfer werd dan ook als richttijd gebruikt. De inslaapduur bij een individu zonder slaapstoornis bedraagt ongeveer 15 minuten. De lengte van de afspeellijst behelsde daarom 125 minuten, namelijk de tijd die nodig is om in slaap te vallen samengeteld met het tijdsbestek van een volledige slaapcyclus. Gedurende het eerste, tweede en derde stadium van de slaap, die respectievelijk gemiddeld 5 minuten, 15 minuten en 20 minuten duren, waren er geen geluiden te horen. Pas na plusminus een uur, dus na de inslaaptijd en het doorlopen van de eerste drie slaapstadia, kregen de proefpersonen in het vierde stadium van de slaap de geluiden te horen. Op dat moment bevond het individu zich in de SWS. Tijdens deze slaapfase speelden de acht geluiden gedurende 5 minuten herhaaldelijk na elkaar af. Op die manier werden de hersengebieden, die initieel betrokken waren bij het leren van de declaratieve geheugentaak specifiek voor de Spaanse woorden die gekoppeld waren aan de afspelende geluiden, gereactiveerd. Die stimulatie werd verwacht voor een versterkte consolidatie van de woorden die aan de geselecteerde geluiden gebonden waren, te zorgen. Ongeveer 90 minuten na het inslapen, bij het binnentreden van de REM-slaap, werd de stimulatie stopgezet. Na circa 20 minuten in dit stadium van de slaap begint de slaapcyclus opnieuw. De duur van de afspeellijst werd vanaf de tweede slaapcyclus tot 110 minuten gereduceerd, wegens het wegvallen van de inslaaptijd. Tot het einde van de nacht herhaalden de geluiden zich, normaal gezien, telkens binnen de SWS in een slaapcyclus van 110 minuten. Zo werden de proefpersonen in de nacht vier tot vijf keer aan de geluiden blootgesteld, wat een totale stimulatie-duur van 20 tot 25 minuten opleverde. Ze kregen elk geluid daardoor ongeveer zestig keer te horen.

5.6 Doelgroep

Voor dit onderzoek werden vierenvestig proefpersonen binnen twee leeftijdscategorieën geselecteerd. Tweeëntwintig individuen waren tussen 18 en 23 jaar oud (gemiddelde leeftijd: 20.19). De andere tweeëntwintig personen bevonden zich in de leeftijdsklasse van 45 tot en met 55 jaar (gemiddelde leeftijd: 49.5). Er werden zowel een aantal voorwaarden opgesteld waar de gehele steekproef aan moest voldoen, als een aantal specifieke voorwaarden per leeftijdscategorie.

Dit was noodzakelijk om zo correct mogelijke en onderling vergelijkbare resultaten te behalen. Ten gevolge van afwijkende scores werden twee proefpersonen uit de uiteindelijke verwerking van de resultaten geschrapt (zie '5.6.5 Uitgesloten proefpersonen'). Zo werd een bruikbare sample van tweeënveertig proefpersonen overgehouden.

5.6.1 Selectiecriteria

Alle proefpersonen werden op basis van een aantal criteria geselecteerd. Ten eerste was het van belang voor het welslagen van dit experiment dat de participanten een normaal, gezond slaappatroon hadden. Dit hield in dat ze 's nachts gemiddeld vier tot vijf slaapcycli van telkens ongeveer anderhalf tot twee uur dienden te doorlopen. Hun totale slaapduur moest tussen de zeven tot negen uur zijn, met daarbinnen een verwachte lagere hoeveelheid slaap bij de volwassenen van middelbare leeftijd (Verbraecken 2013). Een tweede conditie was dat ze geen medicatie mochten nemen om te kunnen slapen en/of medicatie die hun concentratievermogen positief of negatief beïnvloedde. Indien de mogelijke proefpersonen te kennen gaven dat hun inslaaptijd globaal bekeken hoger lag dan een halfuur, was het ten derde onmogelijk om deel te nemen aan het experiment. Dit vormt namelijk een indicatie dat het individu mogelijk met een slaapstoornis kampt (Verbraecken 2013). Een vierde bepalend element was de slaapvastheid van de participanten. Het aantal keer dat een individu gemiddeld tijdens de nacht ontwaakte, diende tot een minimum beperkt te zijn. Daarbovenop moest de persoon in staat zijn om na het wakker worden in de nacht snel opnieuw te kunnen inslapen. Alle proefpersonen moesten ten vijfde een opleiding aan de universiteit of hogeschool volgen of gevolgd hebben. Op die manier was de scholingsgraad van de deelnemers ongeveer even hoog, wat een evenredige vergelijking tussen hun testcores mogelijk maakte. Ten zesde mochten de proefpersonen geen taalstoornissen, zoals dyslexie, hebben. Dit zou immers een zuivere vergelijking van de resultaten in de weg staan. Tot slot was het van belang dat de participanten geen drugs namen en dat ze bereid waren om gedurende de dagen van het experiment geen alcohol en/of cafeïnerijke dranken te nuttigen.

De keuze van de steekproef gebeurde niet willekeurig. Om de proefpersonen te bereiken en ze te screenen op deze criteria werd met elk van hen op voorhand een afspraak gemaakt. Op basis van hun antwoorden werd bepaald of ze al dan niet geschikt waren om aan dit experiment deel te nemen.

5.6.2 Afbakening jongste leeftijdsgroep

De afbakening van de jongste leeftijdscategorie werd ten eerste bepaald op basis van het ontwikkelingsproces van de hersenen. De ontwikkeling van het brein duurt voort tot de leeftijd van 23 tot 25 jaar. Het gebied in de hersenen dat als laatste gevormd wordt, is de prefrontale cortex. Die staat in voor het verwerven van de meer complexe vaardigheden, zoals organisatie, abstract denken, plannen en de constructie van toekomstperspectieven (Mönks 2009). Nadien staat de globale structuur van de hersenen vast. Er treden daarna enkel nog kleine veranderingen in het brein op, zoals het verdwijnen van neuronale verbindingen die door het individu niet langer gebruikt worden. Dit heeft evenwel niets te maken met een daling van het IQ. Het brein blijft zich immers aanpassen aan de levensfase of de situatie waarin de persoon zich bevindt. De

hersencellen die op een gegeven moment in iemands leven intensief gebruikt worden, blijven actiever. Zo vindt er bij een vijftintigjarige onder meer een grotere activatie van de hersencellen plaats, die betrokken zijn bij de nauwkeurigheid en de organisatie die nodig is om een carrière op te bouwen, omdat het zoeken van een job op dat moment centraal staat (Mönks 2009). Dit alles betekent echter niet dat er op oudere leeftijd geen nieuwe neuronale verbindingen meer kunnen worden aangemaakt. Er kunnen een heel leven lang nieuwe verbindingen gecreëerd worden, maar bij oudere volwassenen verloopt dit proces, door een bemoeilijkte consolidatie, evenwel moeizamer (Martini 2012). Op basis van dit criterium werden de grenzen van de jongste leeftijdscategorie op 18 tot en met 23 jaar vastgelegd.

Een tweede voorwaarde waaraan de proefpersonen binnen de jongste leeftijdscategorie dienden te voldoen, was dat ze bezig moesten zijn met een studie aan de hogeschool of de universiteit. Op die manier kon er een onderscheid en een vergelijking tussen studerenden en werkenden gemaakt worden.

Tot slot werd getracht de verdeling tussen mannen en vrouwen binnen deze leeftijdsgroep zo evenredig mogelijk te houden. Op die manier namen uiteindelijk acht mannen en dertien vrouwen uit deze leeftijdsklasse aan dit experiment deel.

5.6.3 Afbakening oudste leeftijdsgroep

De grenzen van de oudste leeftijdscategorie werden iets ruimer genomen, meer bepaald tussen de 45 en 55 jaar. Dit komt ongeveer overeen met de periode van de middelbare leeftijd. Dit is de leeftijdsklasse waarin het individu zich tussen de leeftijd van jongvolwassene en bejaarde bevindt. Het is echter moeilijk om de precieze minimum- en maximumleeftijd van de middelbare leeftijd vast te leggen. Onderzoekers voerden hier al talloze discussies over. De meerderheid van de bronnen zijn het evenwel eens over een afbakening tussen de 45 en de 55 tot 60 jaar (Mönks 2009). Om de spreiding echter niet te groot te maken, werd ervoor geopteerd om de maximumleeftijd van de proefpersonen binnen deze groep voor dit onderzoek tot 55 jaar te beperken.

De keuze voor de klasse van middelbare leeftijd had te maken met heel wat aanzienlijke veranderingen in het brein en het slaappatroon die zich bij het gezonde verouderingsproces manifesteren. Bij het ouder worden treden er merkbare veranderingen op in de verstandelijke prestaties van een individu en in het functioneren van het centrale zenuwstelsel. Er doen zich verscheidene anatomische veranderingen in de hersenen voor, die leiden tot verminderde cognitieve prestaties. Zo neemt onder meer het aantal neuronen af, is er een verminderde bloedtoevoer naar de hersenen en vindt er een reorganisatie van de synapsen plaats. Een aantal synapsverbindingen gaat verloren en er worden minder neurotransmitters gevormd (Martini 2012: 345-346). Deze anatomische veranderingen gaan gepaard met een achteruitgang van het functioneren van het centrale zenuwstelsel. De snelheid van de werking van het centrale zenuwstelsel neemt globaal beschouwd gestaag af, wat zich uit in een achteruitgang van de reflexen en het cognitieve functioneren. Dit zorgt onder andere voor een bemoeilijkte consolidatie

in het geheugen en het moeizamer terughalen van vooral herinneringen uit het recente verleden (Martini 2012: 347).

Een aantal neurotransmitters in het brein, zoals Acetylcholine (ACh), speelt een belangrijke rol in de slaap. Bij het ouder worden treedt een daling van ACh op, wat leidt tot de kleine geheugenproblemen die aan het ouder worden gerelateerd kunnen worden. Daarnaast zorgt die daling eveneens voor de veranderingen in het slaappatroon bij het gezonde verouderingsproces (Schmidt 2012). Voor een overzicht van de wijzigingen in het slaappatroon kan worden teruggebladerd naar '3.5 Veranderingen in de slaap tijdens het verouderingsproces'.

Het leek erg interessant om te bestuderen wat de effecten van deze veranderingen in het brein en de slaap tijdens het verouderingsproces op het leren en op de retentie van de Spaanse woorden zouden zijn, en dit voornamelijk in vergelijking met de jongste leeftijdscategorie. Het verouderingsproces gaat immers gepaard met een trager wordend en moeizamer leerproces, door alle wijzigingen die zich in het brein en de slaap voordoen, maar evenzeer doordat de oudere participanten het leren en hun leerstijl volkomen ontgroeid zijn. Daartegenover staat wel dat ouderen heel wat meer levenservaring opgebouwd hebben, wat hun visie blijvend verruimt. De talenkennis van de meerderheid van de personen van middelbare leeftijd is bovendien uitgebreider dan die van de jongeren en jongvolwassenen. Dit komt omdat ze niet enkel meer de schoolse kennis van een taal bezitten. Onder meer via hun werk of door te reizen hebben ze al heel wat meer praktijkervaring opgedaan. Dit kan binnen dit onderzoek in het voordeel van deze leeftijdscategorie spelen.

Naast hun leeftijd was het eveneens belangrijk dat er binnen deze leeftijdsgroep een evenredige verdeling was tussen het aantal mannelijke en het aantal vrouwelijke deelnemers. Zo namen uiteindelijk negen mannen en twaalf vrouwen uit deze leeftijdsklasse aan dit experiment deel.

Een laatste voorwaarde waaraan de proefpersonen binnen deze leeftijdscategorie behoorden te voldoen, was dat ze een diploma van de hogeschool of een universitair diploma moesten bezitten. Op die manier was de scholingsgraad bij alle proefpersonen ongeveer even hoog, wat een evenredige vergelijking tussen hen mogelijk maakte.

5.6.4 Onderverdeling binnen leeftijdsgroepen

Naast een globale opsplitsing in twee leeftijdscategorieën werd binnen elke klasse nog een onderverdeling in twee subgroepen gemaakt. De ene subgroep kreeg tijdens de nacht de auditieve stimulatie te horen (de experimentele groep), terwijl de andere subgroep 's nachts aan niets werd blootgesteld (de controlegroep). Zo kregen twaalf individuen binnen de jongste leeftijdsgroep de geluiden te horen en negen personen niet. Binnen de oudste leeftijdscategorie hoorden eveneens twaalf personen de geluiden tegenover negen niet. Alle participanten waren evenwel in de waan dat de Spaanse woorden in hun slaap zouden worden afgespeeld.

Iedereen vulde via het computerprogramma wel dezelfde oefeningen in en doorstond dezelfde testen. Op die manier werd een controlegroep gecreëerd, zodat een goede vergelijking van de gelijkenissen en vooral de verschillen tussen de resultaten van de experimentele groep, die aan de

auditieve stimulatie onderworpen werd, en de resultaten van de controlegroep, gemaakt kon worden.

Bij de indeling van de subgroepen werd tevens rekening gehouden met de verhouding tussen mannen en vrouwen. Er werd zoveel mogelijk getracht een evenredige verdeling te realiseren, zodat telkens ongeveer de helft van de mannen en de helft van de vrouwen binnen iedere subgroep aan de auditieve stimulatie blootgesteld werd. Dat resulteerde in zes mannen en zes vrouwen die binnen de jongste leeftijdscategorie de geluiden hebben gehoord en drie mannen en zes vrouwen niet. In de oudste klasse waren dit zes mannen en zes vrouwen die aan de geluiden blootgesteld werden en drie mannen en zes vrouwen niet.

5.6.5 Uitgesloten proefpersonen

Oorspronkelijk bestond de steekproef uit vierenveertig proefpersonen. De resultaten van twee proefpersonen waren echter onbruikbaar. Bij de leeftijdscategorie van 18 tot en met 23 jaar werden de testscores van een deelnemer geschrapt, omdat deze in de nacht telkens bij het afspelen van de geluiden ontwaakte. Dit leidde tot een sterke vermoeidheid in de ochtend, waardoor de score op de test ondermaats was. Binnen de oudere leeftijdsgroep werden eveneens de resultaten van een proefpersoon uit het onderzoek weggelaten. Deze deelnemer behaalde immers op elke test een resultaat van nul op zestien. Wegens op die manier een te grote vertekening van de resultaten, werd besloten de scores van deze deelnemer niet in de verwerking van de resultaten mee te tellen.

6 Hypothesen

6.1 Hypothese 1: de jongeren scoren algemeen hoger dan de volwassenen van middelbare leeftijd

In deze eerste hypothese wordt gesteld dat de jongeren, zowel hoger zullen scoren op de test in de avond na het oefenen zelf, als op de test in de ochtend na het slapen, als op de test een week later, in vergelijking met de volwassenen van middelbare leeftijd, te weten de leeftijdsgroep van 45 tot en met 55 jaar.

Dit wordt vermoed om twee redenen. Ten eerste zijn alle jongeren binnen dit experiment nog student. Dit maakt dat ze nog in het schoolse ritme vertoeven, waardoor ze nog over de gewoonte beschikken om te studeren. Zo zijn ze in staat om grote hoeveelheden leerstof op korte tijd, aan de hand van hun persoonlijke leerstijl, efficiënt te verwerken. De ouderen daarentegen bevinden zich al minstens twintig jaar in het werkveld, waardoor het studeren hen niet meer in de vingers en vooral niet meer in het brein zit.

Daarnaast speelt een gebrekkig geheugen, ten gevolge van anatomische veranderingen in de hersenen bij het verouderingsproces, de oudste leeftijdsgroep mogelijk parten. De consolidatie van nieuwe kennis in het geheugen verloopt hierdoor namelijk moeilijker, waardoor ze frequenter dan jongere individuen last hebben van 'gaten' in het geheugen (Fogel 2012).

Binnen deze hypothese wordt extra aandacht aan het verschil in de scores op de test in de ochtend tussen de jongeren en de ouderen besteed. Met betrekking tot dit onderzoek is deze testscore voornamelijk van belang, wegens de invloed van de verwerking van de leerstof in het brein tijdens de slaap op de prestaties van de deelnemers. Ook hier wordt verwacht dat de jongeren op de test in de ochtend na de slaap een hogere score behalen, door een daling van de hoeveelheid SWS ten gevolge van het verouderingsproces bij de ouderen (Verbraecken 2013). Dit stadium van de slaap staat binnen dit experiment centraal, omdat de SWS een cruciale rol speelt bij de geheugenconsolidatie van nieuwe declaratieve kennis, zoals het leren van een vreemde taal (Rasch 2013).

6.2 Hypothese 2: na de slaap scoren alle leeftijdscategorieën hoger

In de literatuurstudie werd al opgemerkt dat de slaap onontbeerlijk is om kennis in het geheugen te verwerken. De slaap vervult immers een passieve en een actieve rol bij de consolidatie van nieuw verworven informatie in het geheugen (Rasch 2013) (zie eerder '3.7 Slaap en geheugen'). Vanuit deze bevinding wordt verwacht dat zowel de jongeren als de ouderen een hogere score op de test in de ochtend na een nachtje slaap zullen behalen in vergelijking met hun prestatie op de test de avond voordien.

Daarbij wordt tevens vermoed dat deze toename vooral uitdrukkelijk aanwezig zal zijn bij de experimentele groep. Dit zijn de individuen van elke leeftijdscategorie die in de nacht aan de

auditieve stimulatie blootgesteld werden. Bij de controlegroep wordt eveneens een stijging van de testscore verwacht, zij het een geringere dan bij de experimentele groep.

6.3 Hypothese 3: lagere score op de test van een week later

In dit onderzoek wordt van de proefpersonen drie maal een test van de geleerde Spaanse woorden afgenomen. De derde en laatste test grijpt exact een week na de eerste test plaats. Er wordt daarbij een terugval van de testprestaties bij alle proefpersonen in vergelijking met zowel de test in de avond, als de test in de ochtend verwacht. Dit in de eerste plaats doordat de proefpersonen in de tussentijd niet bewust met de woorden bezig zijn. Verder bestaat de kans dat de woordenschatkennis daalt, ten gevolge van de interferentie van nieuw verworven informatie tijdens die week. Op die manier worden de net ontwikkelde geheugensporen, die aangemaakt werden bij het leren en het verwerken van de woorden (tijdens de slaap), potentieel door nieuwe kennis beschadigd en/of overschreven (Rasch 2013 & Verbraecken 2013). Zo wordt bijgevolg een terugval van de testscores in beide leeftijdscategorieën verondersteld, zowel voor de testresultaten van de experimentele- als de controlegroep.

6.4 Hypothese 4: snelheid leren hoger bij jonge deelnemers in vergelijking met de oudere deelnemers

Op de eerste avond van het onderzoek dienen de proefpersonen de veertig Spaanse woorden aan de hand van oefeningen in een computerprogramma te memoriseren. De tijd die ze nodig hebben om de oefeningen te voltooien, wordt zorgvuldig bijgehouden. Hierbij wordt vermoed dat het inoefenen van de woorden sneller bij de jongere dan bij de oudere deelnemers zal verlopen.

Dit wordt ten eerste verwacht, doordat de jongeren als student nog beter in staat zijn om nieuwe leerstof sneller en efficiënter te verwerken. Daarenboven wordt gesteld dat de meerderheid van de jonge proefpersonen computervaardiger is dan de oudere proefpersonen. Daardoor raken de jongeren waarschijnlijk sneller wegwijs in het computerprogramma. Tot slot treedt er een vermindering van de flexibiliteit van de hersenen tijdens het verouderingsproces op, wat de consolidatie van (nieuwe) informatie in het geheugen bij ouderen bemoeilijkt (Martini 2012). Dit alles wordt aangenomen tot een sneller leerproces bij de jongeren te leiden.

6.5 Hypothese 5: gehoord versus niet gehoord

Telkens de helft van de jonge proefpersonen en de helft van de oudere proefpersonen krijgen in de slaap acht betekenisvolle geluiden, die aan acht Spaanse woorden gekoppeld zijn, te horen. Zij vormen samen de experimentele groep. De andere helft van elke leeftijdscategorie fungeert daarentegen als controlegroep en hoort bijgevolg niets in de nacht. Deze auditieve stimulatie bij de experimentele groep heeft een verhoogde retentie van de net geleerde woordenschat tot doel. Er wordt dan ook verwacht dat de experimentele groep op de test in de ochtend na de slaap, een hogere score dan de controlegroep haalt.

Daarnaast wordt ook specifiek nagegaan of de experimentele groep, in vergelijking met de controlegroep, een hogere score behaalt op de acht woorden die aan de geluiden gekoppeld zijn. Dit wordt verwacht, doordat het brein via de auditieve stimulatie gemanipuleerd wordt om expliciet die woorden, die aan de afgespeelde geluiden gebonden zijn, te herhalen en te consolideren in het geheugen (van Dongen 2013).

In een tweede deel van deze vijfde hypothese wordt verondersteld dat de jongeren die aan de geluiden blootgesteld worden, een hogere score, dan de ouderen die de geluiden gehoord hebben, behalen. Bij het verouderingsproces treedt er namelijk een daling van de hoeveelheid SWS op, waardoor er tijdens de slaap een verminderde consolidatie van declaratieve kennis in het geheugen kan plaatsgrijpen (Martini 2012).

Tot slot wordt binnen de experimentele groep nagegaan of de deelnemers voor de test in de ochtend een hogere score behalen op de acht woorden waarvan ze de geluiden tijdens de nacht gehoord hebben (test 2G), in vergelijking met de acht woorden waarvan ze de geluiden niet gehoord hebben (test 2NG). Verwacht wordt dat de score op test 2G hoger ligt dan de score op test 2NG, als gevolg van de auditieve stimulatie. De geluiden stimuleren immers de selectieve verwerking van kennis tijdens de slaap, wat normaliter resulteert in een verhoogde retentie van die selectie van kennis (Arends 2012).

6.6 Hypothese 6: hoger opgeleiden scoren hoger dan lager opgeleiden

Hoger opgeleiden worden gesteld in het algemeen hogere test scores te behalen dan lager opgeleiden. Hierbij wordt meer bepaald een onderscheid gemaakt tussen de deelnemers die een universitaire opleiding volgen/gevolgd hebben en degenen die een opleiding aan de hogeschool genieten/genoten hebben. Door een meer theoretisch gerichte aanpak, tegenover een meer praktijkgerichte aanpak op de hogeschool, wordt verwacht dat de universitairers een hogere score op de verscheidene testen behalen. Zij worden namelijk verondersteld beter in staat te zijn grote hoeveelheden leerstof binnen een beperkte tijdspanne te kunnen verwerken.

6.7 Hypothese 7: hoe langer werken, hoe lagere scores

Hoe langer een individu aan het werk is, hoe moeizamer het uit het hoofd leren van nieuwe informatie vaak verloopt. Er wordt dan ook een geleidelijke daling van de test scores bij de leeftijdsgroep van 45 tot en met 55 jaar verwacht naarmate de werkduur stijgt. De oefensessie om zich de Spaanse woorden eigen te maken, is tevens vrij beperkt, waardoor er bij de oudere deelnemers, die al geruimere tijd aan het werk zijn, een lager testresultaat verondersteld wordt. Dus ook binnen de oudere leeftijdsgroep wordt een gradatie in test scores vermoed, afhankelijk van de carrière lengte.

6.8 Hypothese 8: een grotere taalvaardigheid en een grotere kennis van het Frans resulteren in hogere testresultaten

Bepaalde personen hebben een aanleg voor talen, terwijl anderen die helemaal niet hebben. Dit zorgt ervoor dat bepaalde individuen een beter inzicht hebben in de grammaticale structuren van een taal, meer linken tussen de door hen gekende talen kunnen leggen en op die manier sneller een taal kunnen leren en beheersen. Een betere talenkennis hangt natuurlijk samen met de interesse van een persoon in taal. Ook spelen onder andere de opleiding die iemand volgt/gevolgd heeft, het (latere) werkveld en buitenlandse ervaringen een niet te onderschatten rol. Om al deze opgesomde redenen wordt binnen deze hypothese geopperd dat de proefpersonen met een grotere taalvaardigheid een hogere gemiddelde testscore, op de drie testen samen, behalen.

Vervolgens wordt eveneens voor de Franse taalvaardigheid afzonderlijk nagegaan, wegens de grote verwantschap tussen het Frans en het Spaans, of een betere beheersing van het Frans in een hogere gemiddelde testscore resulteert. Zo zou een individu dat voor het Frans taalvaardiger is, meer linken tussen het Frans en het Spaans kunnen leggen, waardoor hij de Spaanse woorden via die ezelsbruggetjes mogelijk beter en efficiënter kan onthouden.

6.9 Hypothese 9: mannen versus vrouwen

In dit onderzoek zal ten slotte worden nagegaan wat de invloed van geslacht op de testscores is. Verwacht wordt dat de testresultaten van de mannen en de vrouwen nagenoeg gelijk zullen zijn. Het brein van de man en de vrouw wordt door wetenschappers op linguïstisch vlak immers steeds meer als gemeenschappelijk beschouwd (Croft 2004). Het verwerkingsproces van nieuwe woordenschat verloopt bij beide geslachten quasi op dezelfde wijze, waardoor geslacht geen invloed op de uiteindelijke testresultaten zou mogen hebben. Bijgevolg behalen de mannen en de vrouwen vermoedelijk gelijkaardige scores op alle afgenomen testen.

7 Factoren die de resultaten kunnen beïnvloeden

Er zijn verscheidene factoren die op de onderzoeksresultaten mogelijk een invloed gehad hebben. Hieronder wordt daarvan een overzicht gegeven. Daarbij wordt een onderverdeling gemaakt in de fouten die bij de experimentele groep konden optreden en de fouten die zich mogelijk bij de gehele of een gedeelte van de steekproef hebben voorgedaan.

7.1 Beïnvloedende factoren bij de experimentele groep

7.1.1 Wakker worden in de nacht

De meerderheid van de mensen ontwaakt wel een of meerdere keren tijdens de nacht. Het aantal keer wakker worden en de duur ervan varieert echter sterk van individu tot individu. Het was van cruciaal belang voor dit onderzoek dat de proefpersonen 's nachts niet ontwaakten door de geluiden. Op voorhand werd daarom zorgvuldig het volume van de radio getest en zodanig aangepast, dat de participanten hier, normaal gezien, niet door konden ontwaken. Ondanks deze voorzorgen kan het 's nachts ontwaken de resultaten mogelijk licht vertekenen. Vooral bij de leeftijdsgroep van middelbare leeftijd wordt verwacht dat ze frequenter wakker liggen in de nacht. Dit komt door de gedaalde slaapbehoefte, wat zich uit in een verslechtering van de slaapcontinuïteit. Dit zorgt ervoor dat oudere volwassenen in de nacht meer wakker liggen, wat de slaapkwaliteit schaadt (Schmidt 2012). Indien de proefpersonen aangaven dat ze 's nachts veelvuldig en langdurig wakker hebben gelegen, werden hun resultaten niet in het onderzoek meegeteld. Ook wanneer de participanten telkens ontwaakten door de geluiden en alle fragmenten gehoord hadden, werden hun scores uitgesloten.

7.1.2 SWS of toch niet?

Om een versterking van de geheugenconsolidatie te bereiken, was het essentieel dat de stimulatie met de betekenisvolle geluiden tijdens de SWS plaatsvond (zie '3.7.1 Een actieve en een passieve rol van de slaap in de geheugenconsolidatie'). De slaapcyclus is bij mensen, hoe verschillend hun levensstijl ook is, meestal erg gelijklopend (Empson 2002). Daarom werden zo nauwkeurig mogelijke berekeningen op basis van de gemiddelde duur van de slaapstadia binnen een slaapcyclus gemaakt. Op basis van die schatting werd een afspeellijst samengesteld, die gedurende de hele nacht de geluiden enkel binnen de SWS afspeelde. Er kwamen 's nachts echter geen exacte EEG-metingen aan te pas, waardoor het mogelijk was dat de stimulatie bij een aantal proefpersonen helemaal niet of in een van de slaapcycli die tijdens de nacht doorlopen werden niet tijdens de SWS plaatsgreep. Om het risico hiervan toch wat te verkleinen, werd daarom op voorhand gepeild of de deelnemers een gezond, normaal slaappatroon hadden. Dit vergrootte immers de kans dat ze dichter aanleunden tegen het gemiddelde. Het was echter onmogelijk om hier zonder de nodige apparatuur de volledige controle over te verwerven.

7.2 Globale beïnvloedende factoren

7.2.1 Omvang van de steekproef

De omvang van de steekproef bedroeg oorspronkelijk in totaal 44 personen. De resultaten van twee deelnemers waren echter onbruikbaar. Daardoor werd een sample van 42 individuen overgehouden, waarvan 21 proefpersonen uit de jonge leeftijdscategorie en 21 proefpersonen uit de leeftijdsgroep van middelbare leeftijd. Door de beperkte grootte van de steekproef is het onmogelijk om de resultaten van dit experiment voor beide populaties te veralgemenen. Via dit onderzoek kan echter wel aangetoond worden of het mogelijk is om de geheugenconsolidatie voor een recent geleerde vreemde taal tijdens de slaap via betekenisvolle externe auditieve stimulatie te manipuleren en zo te versterken. Dit experiment kan zo als een opstapje naar verder onderzoek over de mogelijke toepassingen van stimulatie in de slaap bij het leren van een nieuwe taal dienen. Daarnaast kan verder wetenschappelijk onderzoek, dat gebruik maakt van de juiste technische middelen, zoals EEG-metingen, en met een voldoende grote steekproef, het ultieme bewijs vormen voor de (on)mogelijkheid om via stimulatie in de slaap de retentie van een vreemde taal te verhogen.

7.2.2 Computervaardigheden

De oudste leeftijdscategorie is niet opgegroeid met de computer, zoals de jongste leeftijdsgroep. Volwassenen van middelbare leeftijd zijn daarom niet altijd even vertrouwd met de computer, zeker niet wanneer ze er op hun werk niet mee in aanraking komen. Om de invloed van deze factor tot een minimum te beperken, werd ervoor gezorgd dat het computerprogramma zo toegankelijk mogelijk was, ook voor individuen die minder computervaardig waren. Toch kon de impact van dit aspect binnen dit onderzoek niet volledig opgeheven worden. Dit had tot gevolg dat een aantal proefpersonen binnen de oudste leeftijdsgroep meer moeite had met de werking van het computerprogramma. Hierdoor voltooiden ze de verscheidene oefeningen in een trager tempo, dat niet (volledig) aan hun leersnelheid te wijten was. Het typen van de woorden verliep eveneens moeizamer. Dat alles zorgde ervoor dat bij deze deelnemers de invulsnelheid van de oefeningen mogelijk niet altijd volledig representatief was voor hun leertempo en leerniveau.

7.2.3 Nakijken

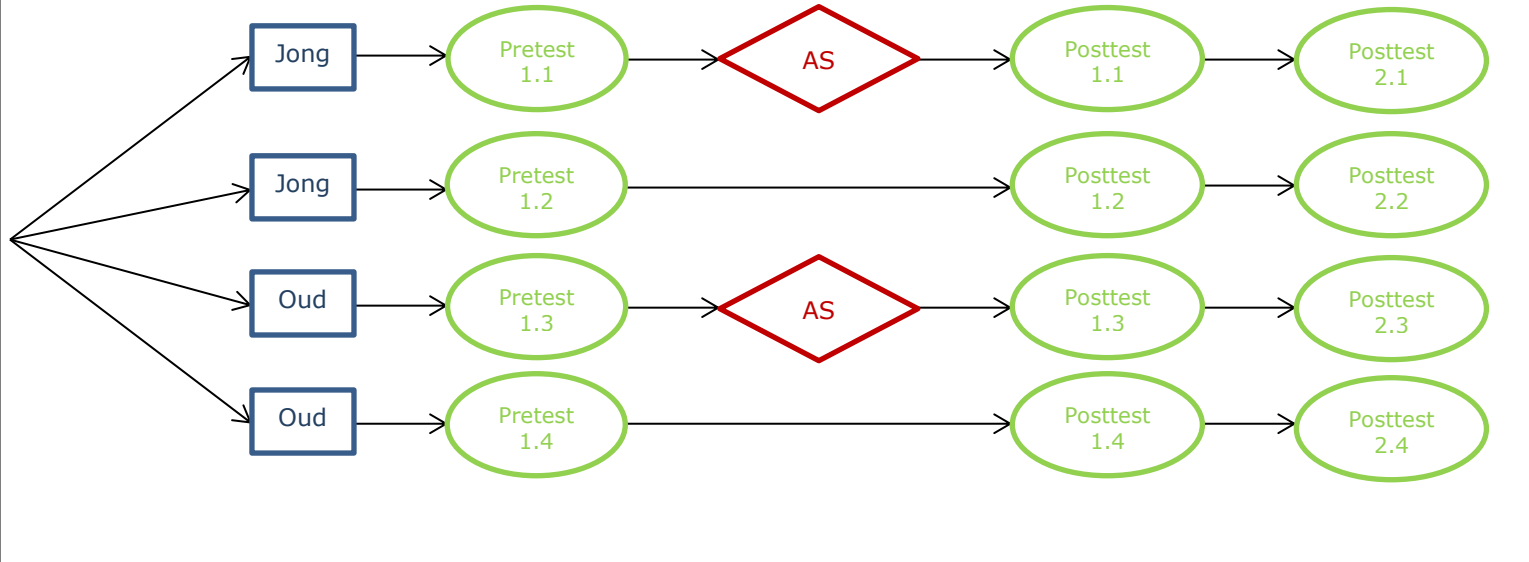
De proefpersonen werden op het hart gedrukt dat ze de woordenschat, zolang het experiment liep, niet mochten opzoeken. Anders zou het immers niet duidelijk zijn of de deelnemers de woordenschat de volgende ochtend beter beheersten door hun opzoekingswerk of door de verwerking van de leerstof in de slaap. Op die manier zouden de testcores van een week later ook potentieel hoger liggen. Het was echter onmogelijk om de participanten hierop te controleren. Hun woord vormde de enige maatstaf waarop vertrouwd kon worden. Mogelijk hebben enkele proefpersonen toch een aantal woorden opgezocht, wat de resultaten lichtelijk beïnvloed kan hebben.

7.2.4 Overleggen

Samenhangend met de voorgaande fout bestaat er een reële kans dat bepaalde deelnemers die in nauw contact met elkaar stonden, in de week tussen de eerste en de laatste test, de woordenschat samen overlopen hebben. Op die manier konden ze de 'gaten' in elkaars geheugen aanvullen, maar eveneens foute antwoorden van elkaar overnemen. Dit fenomeen komt waarschijnlijk hoofdzakelijk bij de oudste leeftijdsgroep voor. Daarbinnen participeerden namelijk een aantal koppels, wat de stap om samen te herhalen aanzienlijk verkleint. Daarnaast viel er bij de oudere leeftijdsgroep een iets uitgesprokener enthousiasme, een hogere onzekerheid en een grotere bewijsdrang dan bij de jonge leeftijdscategorie waar te nemen, waardoor de ouderen in die week wellicht frequenter samen over de Spaanse woorden overlegden. Bij de jongeren speelt deze beïnvloedende factor vermoedelijk een kleinere rol. Deze overlegmomenten hebben mogelijk een effect op de resultaten uitgeoefend.

8 Experimenteel design

Experimenteel design slaaponderzoek



Figuur 3: experimenteel design slaaponderzoek

Twee leeftijdscategorieën, die beide eenentwintig deelnemers telden, namen aan dit experiment deel: de leeftijdsgroep '**Jong**' van 18 tot en met 23 jaar en de leeftijdsgroep '**Oud**' van 45 tot en met 55 jaar. De helft van de proefpersonen binnen elke leeftijdscategorie behoorde tot de experimentele groep, terwijl de andere helft deel uitmaakte van de controlegroep. Alle deelnemers legden de '**pretest**' af. Deze bestond uit drie elementen. Ten eerste voltooiden de proefpersonen een oefensessie aan de hand van een computerprogramma om veertig Spaanse woorden, waaraan telkens een geluid gekoppeld was, te leren. Daarnaast diende iedereen een vragenlijst over zijn persoonlijke gegevens in te vullen. Het laatste element vormde een test waarin zestien van de net geleerde Spaanse woorden bevroegd werden. De manipulatie binnen dit experiment bestond bij de experimentele groep binnen elke leeftijdscategorie uit auditieve stimulatie '**AS**' tijdens de SWS. Dit gebeurde via een stimulatie met acht betekenisvolle geluiden, die aan de helft van de woorden die aan bod kwamen in de test, gekoppeld waren. De controlegroep kreeg geen auditieve stimulatie. In de ochtend na de slaap volgde voor alle proefpersonen de '**posttest 1**'. Daarbij werd opnieuw dezelfde test als bij de pretest afgenomen. Een week later volgde voor elke deelnemer de '**posttest 2**', waarbij nogmaals dezelfde test als die uit de pretest gemaakt diende te worden.

DEEL 3: DE RESULTATEN

9 Methode berekening scores

Elk van de drie afgelegde testen bestond uit zestien opgaven. Daarbij moesten de proefpersonen voor het gegeven Nederlandse woord of de aangebrachte Nederlandse omschrijving het passende Spaanse woord formuleren. Na de voltooiing van iedere test kwamen de antwoorden van de deelnemers in een Excelbestand terecht. De berekening van de totaalscore op elke test gebeurde manueel. Per juist antwoord kregen de proefpersonen een punt. Indien de oplossing fonetisch juist was, werd dit ook als volledig correct gescoord. Bij de correctie van de test werden eveneens geen punten afgetrokken bij het niet of het fout plaatsen van accenten en het weglaten of het foute gebruik van de Spaanse lidwoorden. Het was immers onverantwoord om van de proefpersonen te verwachten dat ze de correcte schrijfwijze van de woorden en het grammaticale gebruik van de Spaanse lidwoorden al op zulke korte oefenperiode helemaal onder de knie hadden. Per correct deel van een woord werd aan de proefpersonen 0.25 punten toegewezen. Zo behaalden de proefpersonen bijvoorbeeld 0.25 punten wanneer ze in staat waren om een juiste toepassing van de aangereikte ezelsbruggetjes bij de Spaanse woorden te geven. Op die wijze werd getracht bij elke deelnemer zo genuanceerd mogelijke testcores te bekomen.

In de onderzoeksresultaten wordt de afgelegde test in de avond na de oefensessie 'test 1' genoemd. Wanneer het gaat over de test in de ochtend na het leren, wordt over 'test 2' gesproken. De test een week later kreeg de benaming 'test 3'.

De statistische output van SPSS kan per hypothese in de bijlage '16.5 Statistische output' teruggevonden worden.⁵

10 Statistische onderzoeksresultaten

10.1 Hypothese 1: de jongeren scoren algemeen hoger dan de volwassenen van middelbare leeftijd

Voor de resultaten van de uiteindelijk drie afgenomen testen werd nagegaan of de jongste leeftijdscategorie op alle toetsen een hogere score behaalde dan de oudste leeftijdscategorie. De voorwaarden van homoscedasticiteit, normaliteit en onafhankelijkheid van de groepen⁶ waren voldaan, waardoor voor deze hypothese de One Way ANOVA test toegepast kon worden.

⁵ De SPSS bestanden kunnen, zowel voor de algemene testcores, als voor de afzonderlijke scores op de acht woorden, tevens in de bijlage '16.4 SPSS' en op de bijgevoegde USB teruggevonden worden. Op de USB staan ze zowel in SPSS zelf als in Excelbestanden.

⁶ Onafhankelijkheid van groepen houdt in dat elke groep verschillende onafhankelijke individuen bevat. Concreet betekent dit dat elke persoon slechts in een van de onafhankelijke groepen, maar nooit in beide zit. De jongeren behoren zo stevast enkel tot de jonge leeftijdsgroep en de ouderen maken altijd enkel deel uit van de oudere leeftijdscategorie.

Zoals verwacht kon er een significant verschil in testresultaten tussen de jongste en de oudste leeftijdsgroep teruggevonden worden. De gemiddelde score van de jonge deelnemers voor test 1 bedroeg 10.32, wat significant hoger was dan de gemiddelde score bij de oudere proefpersonen van 6.35 [$F(1, 40) = 11.63, p = .001$]. Bij test 2 was de gemiddelde score van de jonge leeftijdsgroep 11.17 en die van de oudere leeftijdsgroep 6.83, wat eveneens een significant resultaat is [$F(1, 40) = 15.11, p < .001$]. Ten slotte kon voor test 3 een significant verschil tussen de gemiddelde score van de jonge proefpersonen, die 11.11 was, en de gemiddelde score van de oudere proefpersonen, die 7.36 bedroeg, waargenomen worden [$F(1, 40) = 11.99, p = .001$].

Het verschil in de gemiddelde scores bij test 2 was voornamelijk interessant met betrekking tot dit experiment. Hierbij speelde de invloed van de slaap immers een betekenisvolle en bepalende rol. Het verschillende slaappatroon bij jongvolwassenen en volwassenen van middelbare leeftijd kan namelijk een verklaring bieden voor het onderscheid in de scores tussen de jonge leeftijdsgroep en de oudere leeftijdsgroep. Hier wordt in de verklaring van de resultaten echter nog dieper op ingegaan (zie '12 Verklaring onderzoeksresultaten').

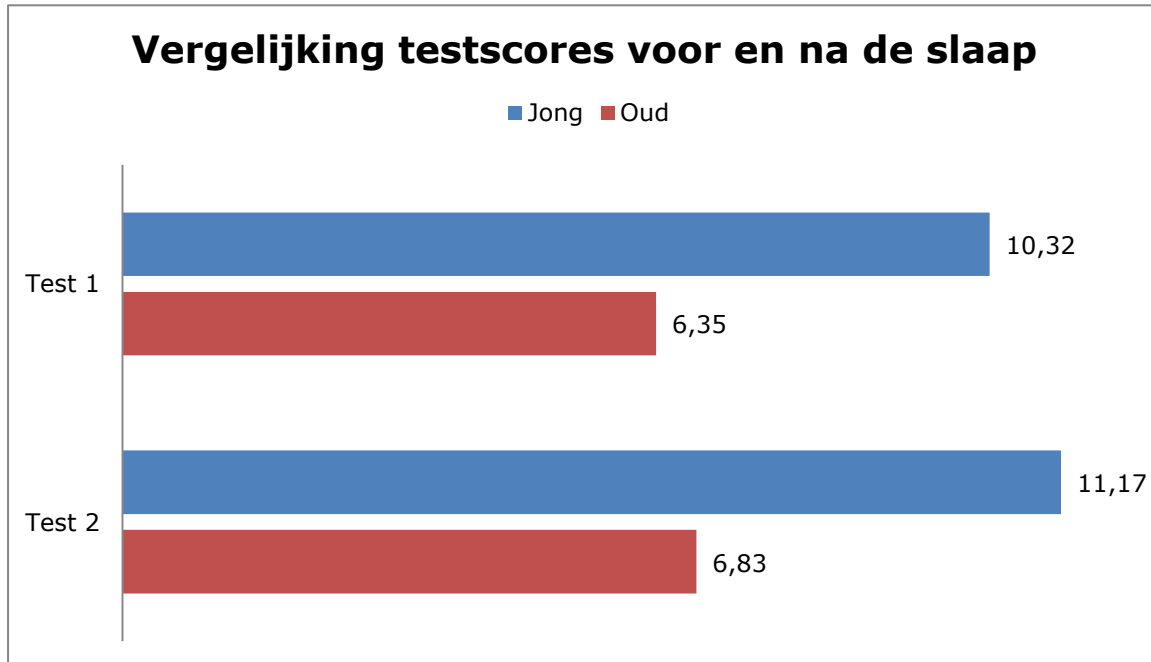
De standaardafwijking was zowel bij test 1 [SD jong = 3.43, SD oud = 4.10], als test 2 [SD jong = 3.53, SD oud = 3.70], als test 3 [SD jong = 3.15, SD oud = 3.84] groter bij de oudste leeftijdsgroep, wat wijst op een grotere variatie in testscores binnen deze leeftijdsgroep.

10.2 Hypothese 2: na de slaap scoren alle leeftijdscategorieën hoger

Via de Paired Samples T-test werd getoetst of beide leeftijdsgroepen significant hoger scoorden op test 2, de test in de ochtend na een nachtje slaap, in vergelijking met test 1, de test de avond voordien. Aan de drie toepassingsvoorwaarden om de Paired Samples T-test te mogen uitvoeren, werd voldaan. De variabelen werden immers ten eerste op ratioschaal gemeten. Daarnaast ging het hier om gepaarde steekproeven, omdat er een vergelijking tussen test 1 en test 2 bij dezelfde proefpersonen gemaakt werd. Tot slot waren de variabelen normaal verdeeld.

Voor test 1 bedroeg de gemiddelde score 8.33. Op test 2 behaalden de proefpersonen een gemiddelde score van 9.00. Dit verschil was significant [$t(41) = -2.86, p < .01$], wat een bevestiging van deze hypothese betekende. De slaap had met andere woorden een significante invloed op de prestaties van de participanten uit beide leeftijdsgroepen.

De kloof tussen het gemiddelde resultaat op test 1 en de gemiddelde score op test 2 was bij de jongste leeftijdscategorie evenwel groter. De jongste deelnemers behaalden gemiddeld een score van 10.32 op test 1 en een gemiddelde score van 11.17 op test 2. Dit hield een gemiddelde stijging van 0.85 punten van test 1 naar test 2 in. Bij de deelnemers van middelbare leeftijd kon een gemiddelde toename van 0.48 waargenomen worden, aangezien op test 1 een gemiddelde score van 6.35 en op test 2 een gemiddelde score van 6.83 behaald werd. Bij de jonge proefpersonen kon dus een significanter verschil tussen de testresultaten van test 1 en 2 aangetroffen worden.



Grafiek 1: vergelijking van de testcores voor en na de slaap tussen beide leeftijdsgroepen

10.3 Hypothese 3: lagere score op de test van een week later

Om te toetsten of alle proefpersonen op test 3, meer bepaald de test van een week later, een lagere score behaalden, werd de Paired Samples T-test gebruikt. De drie toepassingsvoorwaarden van de Paired Samples T-test waren immers vervuld. Ten eerste werden de variabelen op een ratioschaal gemeten. Vervolgens waren de variabelen normaal verdeeld. Ten derde ging het hier om gepaarde steekproeven. Er werd namelijk telkens bij dezelfde proefpersonen aan de ene kant een vergelijking tussen test 1 en test 3 en aan de andere kant een vergelijking tussen test 2 en test 3 gemaakt.

Op test 1 bedroeg de gemiddelde score 8.33. Een week later verhoogde deze score op test 3 naar een gemiddelde score van 9.23. Er trad dus geen daling van de testscore op bij test 3 tegenover test 1, maar een stijging. Deze stijging werd significant bevonden. Er kon daardoor niet over een significante daling van de scores van test 1 naar test 3 gesproken worden [$t(41) = -2.809, p > .05$].

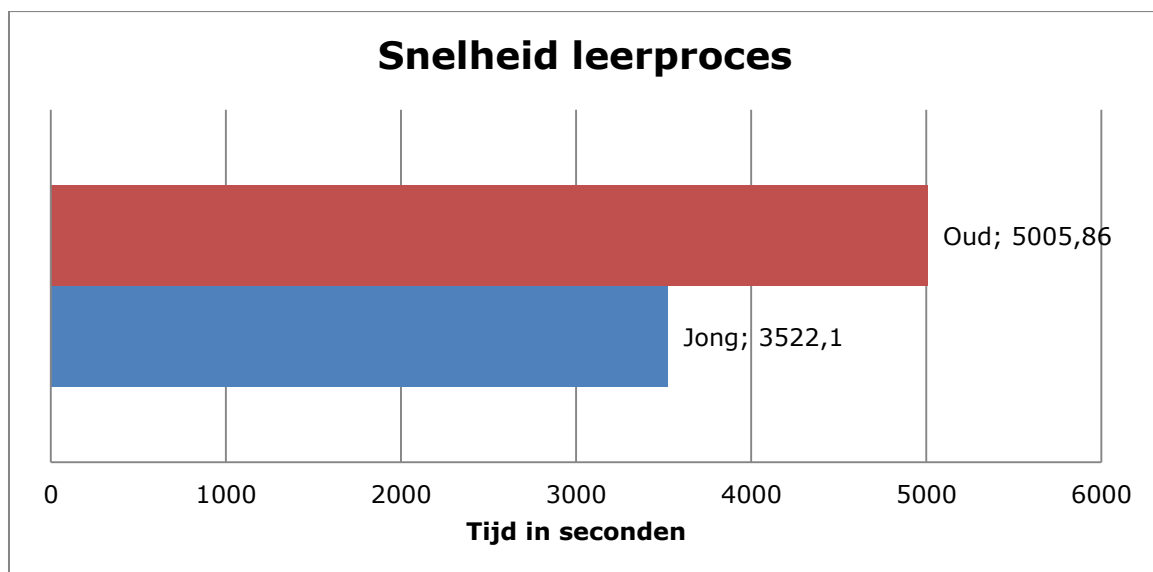
Vervolgens werd gekeken of er een significant lagere score op test 3 in vergelijking met test 2 gemeten kon worden. De gemiddelde score op test 2 bedroeg 9.00. De verwachte daling van de prestatie op test 3 bleef echter uit. Er werd namelijk een stijging van 0.23 punten geobserveerd, tot een gemiddelde score van 9.23 op test 3. De scores op test 2 en test 3 werden statistisch zelfs als significant gelijk beschouwd. Van test 2 naar test 3 was er dus eveneens geen sprake van een significante daling [$t(41) = -0.869, p > .05$].

Met betrekking tot deze hypothese kon bijgevolg besloten worden, dat er op test 3, in vergelijking met de gemiddelde score op test 1 en test 2, door de proefpersonen geen significant lagere score behaald werd. Er werd zelfs een vermeerdering of een stagnatie van het gemiddelde resultaat op test 3 teruggevonden, tegenover de gemiddelde score op test 1 en test 2.

10.4 Hypothese 4: snelheid leren hoger bij de jonge deelnemers in vergelijking met de oudere deelnemers

De duur van het oefenen werd in het computerprogramma van elke deelnemer voor elke oefening automatisch in seconden berekend. Om te toetsen of de jongeren het oefenproces sneller doorliepen dan de ouderen werden de tijden van de eerste tot en met de vierde oefening bij elkaar opgeteld. Zo werd een totale duur van de oefensessie voor elke proefpersoon afzonderlijk verkregen. Die totaaltijden werden gebruikt om via de One Way ANOVA test na te gaan of de jonge leeftijdsgroep inderdaad sneller leerde dan de oudere leeftijdsgroep. Deze vergelijkende test kon worden gebruikt, omdat aan de voorwaarden van homoscedasticiteit, normaliteit en onafhankelijkheid van de groepen voldaan werd.

De gemiddelde totaalsnelheid bij de proefpersonen van 18 tot en met 23 jaar bedroeg 3522.10 seconden. Deze snelheid was significant lager dan de gemiddelde totaalsnelheid van 5005.86 seconden bij de proefpersonen van 45 tot en met 55 jaar [$F(1, 40) = 17.86, p < .001$]. Het gemiddelde leertempo lag bij de jongste leeftijdscategorie dus duidelijk hoger dan bij de oudste leeftijdscategorie.



Grafiek 2: vergelijking snelheid leerproces tussen beide leeftijdscategorieën

10.5 Hypothese 5: gehoord versus niet gehoord

Om te bepalen of de auditieve stimulatie tijdens de SWS een beter testresultaat in de ochtend opleverde, werd een onderscheid tussen de resultaten van de proefpersonen die wel aan de stimuli blootgesteld werden, de experimentele groep, en de proefpersonen die niet aan de stimuli blootgesteld werden, de controlegroep, gemaakt. Ten eerste werd nagegaan of de experimentele groep globaal betere resultaten tegenover de controlegroep behaalde. Dit werd eerst voor alle deelnemers samen bestudeerd, door een vergelijking tussen de gemiddelde scores van test 1 en test 2 te maken (zie '10.5.1 Score alle geluiden: tussen de leeftijdsgroepen'). Nadien werd het verschil in de gemiddelde score tussen test 1 en test 2 bij de experimentele- en de controlegroep binnen elke leeftijdsgroep apart bestudeerd (zie '10.5.2 Score alle geluiden: binnen de leeftijdsgroepen').

Ten tweede werd een vergelijking tussen de experimentele groep en de controlegroep gemaakt op basis van hun prestatie op de acht Spaanse woorden die gekoppeld waren aan de geluiden die de experimentele groep tijdens de SWS te horen kreeg. Daartoe werd bij elke deelnemer voor test 1 en test 2 een aparte score op acht berekend. Deze werden algemeen, zowel voor de experimentele- als voor de controlegroep, over de leeftijdsgroepen heen met elkaar vergeleken (zie '10.5.3 Score acht geluiden: tussen de leeftijdsgroepen'), waarna een bestudering ervan binnen elke leeftijdsgroep afzonderlijk volgde (zie '10.5.4 Score acht geluiden: binnen de leeftijdsgroepen').

Ten derde werd binnen de experimentele groep afzonderlijk bestudeerd of de behaalde score op test 2 voor de acht woorden waarvan ze de geluiden gehoord hadden (test 2G) hoger lag dan de uiteindelijke score op test 2 voor de acht andere woorden waarvan ze de geluiden niet gehoord hadden (test 2NG). Daartoe werd voor test 2 bij elke deelnemer twee maal een aparte score op acht berekend (zie '10.5.5 Test 2G versus test 2NG').

Het statistisch testen van de eerste vier onderdelen van deze hypothese gebeurde telkens door middel van de One Way ANOVA test. Dit was mogelijk, omdat voor deze vier onderdelen aan de voorwaarden van homoscedasticiteit, normaliteit en onafhankelijkheid van de groepen voldaan werd. Voor het vijfde onderdeel van deze hypothese werd de Paired Samples T-test gebruikt. De statistische resultaten van de vijf onderdelen van deze hypothese worden hieronder opeenvolgend uiteengezet.

10.5.1 Score alle geluiden: tussen de leeftijdsgroepen

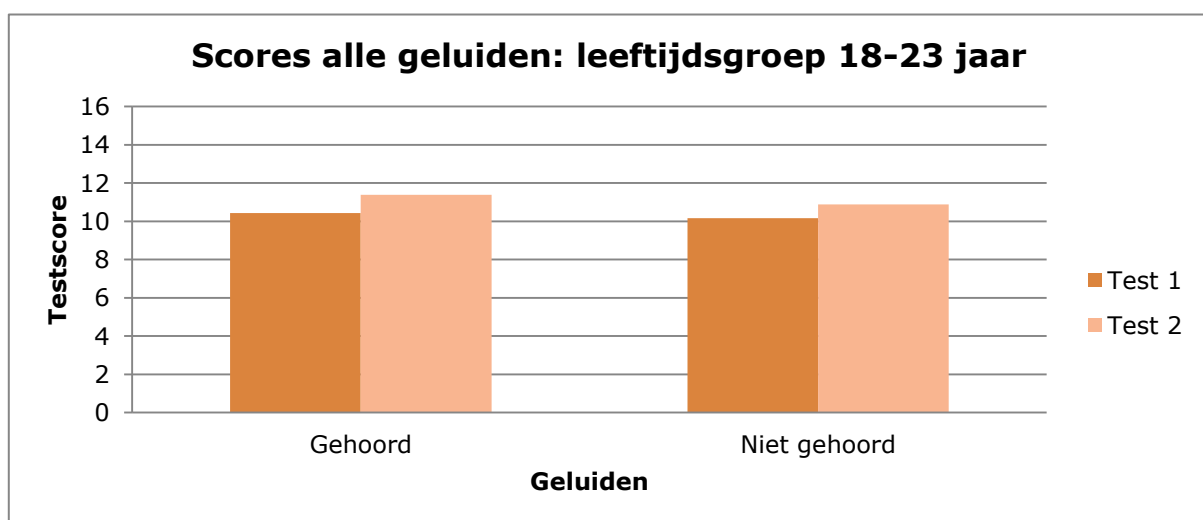
Bij de experimentele groep en bij de controlegroep kon een stijging in de prestatie op test 2 waargenomen worden. De gemiddelde score van de experimentele groep op test 1 bedroeg 8.58 en verhoogde naar 9.26 op test 2. Ook bij de controlegroep kon een toename vastgesteld worden, zij het een iets geringere. Daarbij werd een gemiddelde score van 8.00 op test 1 gemeten, tegenover een gemiddelde score van 8.65 op test 2. Er kon evenwel geen significant verschil tussen de test scores op test 2 tussen de experimentele- en de controlegroep teruggevonden worden [$F(1, 40) = 0.212, p > .05$]. Het gehoord hebben van de geluiden had dus geen significante invloed op de prestatie op test 2 in de ochtend na de slaap.

10.5.2 Score alle geluiden: binnen de leeftijdsgroepen

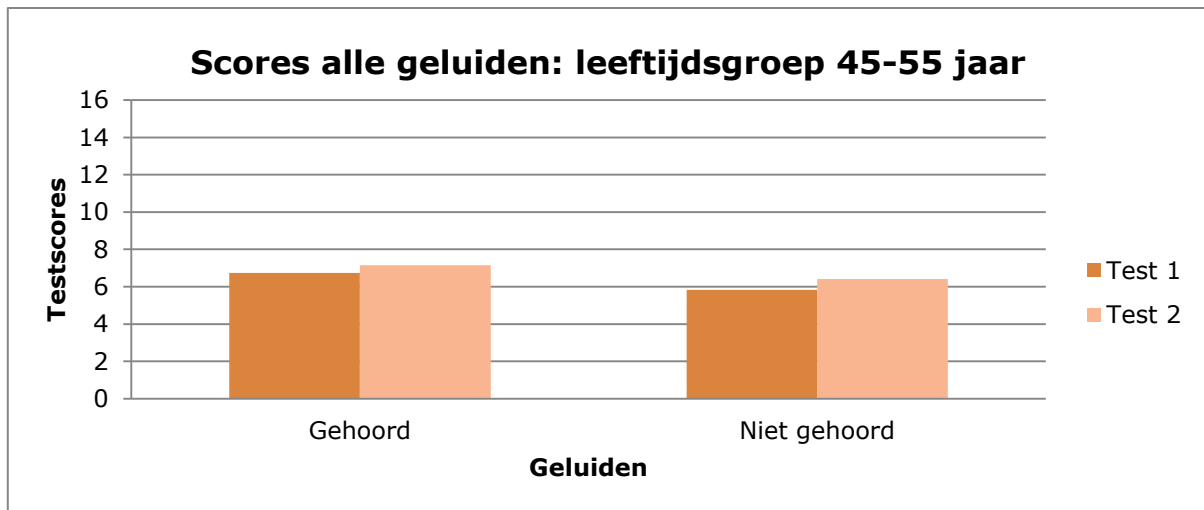
Opnieuw door middel van de One Way ANOVA test werd de invloed van het horen van de geluiden op de testresultaten in de ochtend in vergelijking met de testresultaten de avond voordien berekend, maar deze keer per leeftijdscategorie. De experimentele groep binnen de leeftijdsgroep van 18 tot en met 23 jaar behaalde een gemiddelde score van 10.44 op test 1 en een gemiddelde score van 11.38 op test 2. Dit betekende een lichte stijging van 0.94 punten. Binnen de controlegroep van de jongste deelnemers kon eveneens een toename in resultaat van test 1 naar test 2 opgetekend worden. Daarbij bedroeg op test 1 de gemiddelde score 10.17 en op test 2 verhoogde deze score naar gemiddeld 10.89, wat een stijging van 0.72 inhield. De vermeerdering in score bij de jonge proefpersonen op test 2 was binnen de experimentele groep echter niet significant verschillend van die van de controlegroep [$F(1, 19) = 0.093, p > .05$].

Binnen de leeftijdsgroep van 45 tot en met 55 jaar trad er een grotere toename in testresultaten van test 1 naar test 2 bij de controlegroep op. Er werd een gemiddelde score van 5.83 op test 1 waargenomen, tegenover een gemiddelde score van 6.42 op test 2. In de experimentele groep bedroeg op test 1 de gemiddelde score 6.73 en op test 2 verhoogde die slechts gering naar 7.15. Hoewel er dus een stijging in de prestatie op test 2 bij de oudste leeftijdsgroep teruggevonden kon worden, bestond er geen significant verschil in de resultaten op test 2 tussen de controle- en de experimentele groep [$F(1, 19) = 0.192, p > .05$].

Voor beide leeftijdscategorieën kon dus geen significant verschil tussen de experimentele- en de controlegroep geobserveerd worden. De scores verhoogden bij iedereen, waarbij er bij de jongeren een lichtelijk grotere toename bij de experimentele groep waargenomen kon worden. Omdat het verschil met de controlegroep echter nooit significant was, kon deze stijging niet door het horen van de geluiden verklaard worden.



Grafiek 3: algemene scores test 1 en 2 jonge leeftijdscategorie: gehoord versus niet gehoord



Grafiek 4 algemene scores test 1 en 2 oudere leeftijdscategorie: gehoord versus niet gehoord

10.5.3 Score acht geluiden: tussen de leeftijdsgroepen

Uit de algemene testresultaten kon er geen significant effect van de auditieve stimulatie op de scores van test 2 teruggevonden worden. Verder werd echter nog onderzocht of er wel een significant verschil tussen de experimentele- en de controlegroep voor hun scores op enkel de acht woorden die de experimentele groep tijdens de SWS te horen kreeg, opgetekend kon worden.

Via de One Way ANOVA test werd eerst naar het al dan niet optreden van dit effect over de leeftijdscategorieën heen gekeken. Daarbij werd gevonden dat de gemiddelde score op test 1 voor de experimentele groep 4.15 bedroeg. Deze steeg naar een gemiddelde score van 4.31 op test 2. Bij de controlegroep kon eveneens, en zelfs een grotere, stijging van de test scores waargenomen worden. De gemiddelde score bedroeg op test 1 bij hen 3.75 en op test 2 werd deze 4.24. Wegens een grotere toename van de gemiddelde score bij de controlegroep en dus een te kleine verhoging van het gemiddelde resultaat bij de experimentele groep kon er geen significant verschil voor de test scores op test 2 tussen de experimentele- en de controlegroep opgetekend worden [$F(1, 40) = 0.011, p > .05$]. De blootstelling aan de geluiden in de SWS had bijgevolg geen significante invloed op de scores van test 2 voor de acht Spaanse woorden die aan de geluiden gekoppeld waren.

10.5.4 Score acht geluiden: binnen de leeftijdsgroepen

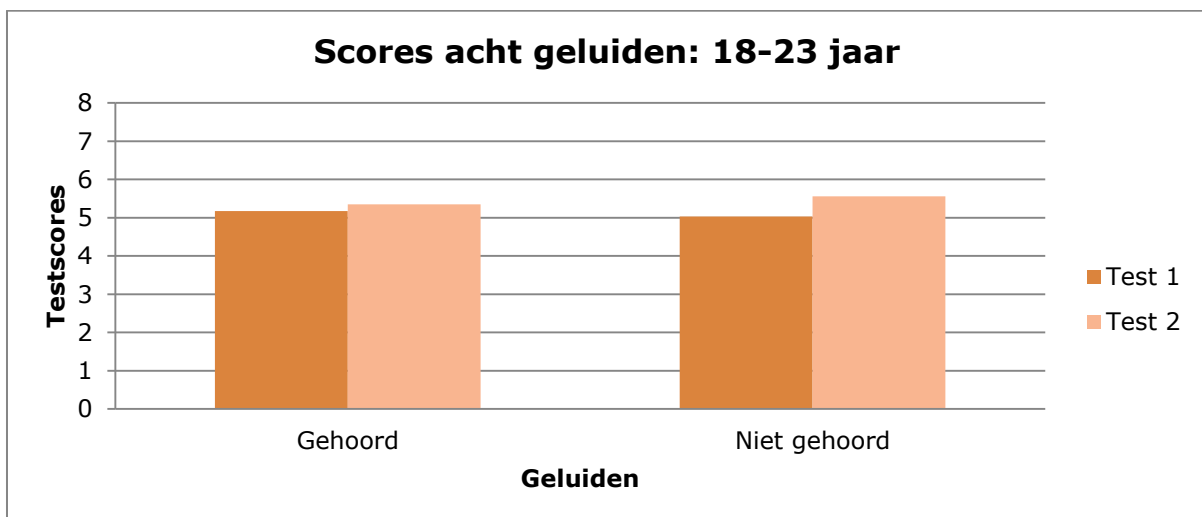
Aangezien er een groot verschil in de prestatie op de acht geselecteerde woorden tussen de jongste en de oudste leeftijdscategorie was, werden nog aanvullende statistische testen uitgevoerd. Er werd bijkomend bestudeerd of er voor een bepaalde leeftijdsgroep wel een significant effect van de auditieve stimulatie op de score van de acht respectievelijke woorden in test 2 vastgesteld kon worden.

De gemiddelde score op test 1 bedroeg bij de leeftijdsgroep van 18 tot en met 23 jaar in de experimentele groep 5.17. Deze nam op test 2 toe tot een gemiddelde score van 5.35. De controlegroep behaalde op test 1 een gemiddelde score van 5.03, wat op test 2 een gemiddeld

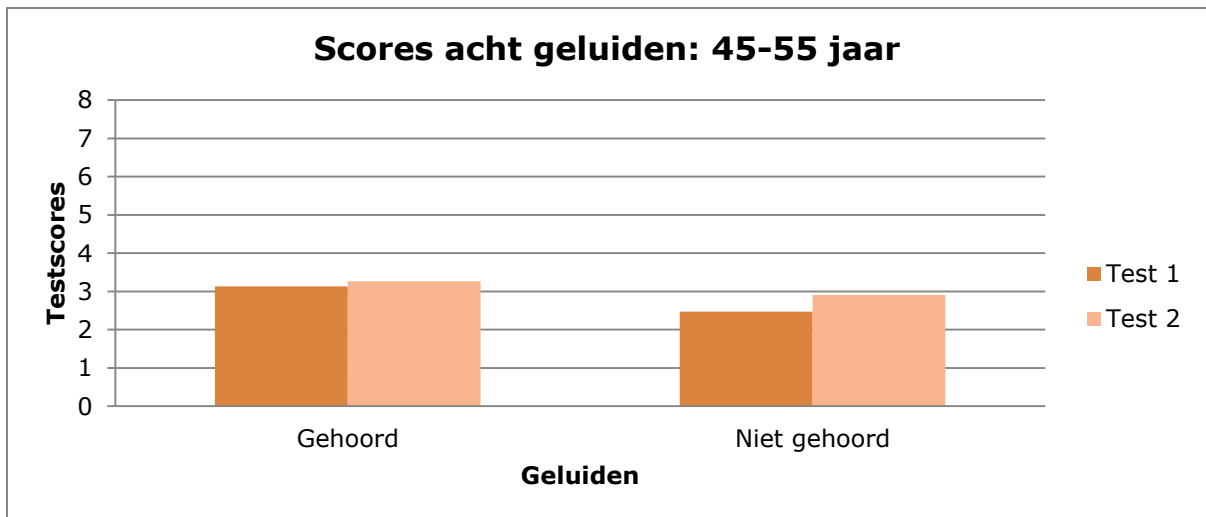
resultaat van 5.56 werd. De prestatie nam dus bij beide groepen van de jonge deelnemers toe. Het verschil in prestatie tussen de experimentele- en de controlegroep voor de acht woorden op test 2 werd evenwel niet significant bevonden [$F(1, 19) = 0.057, p > .05$]. Daardoor kon er voor de jongste proefpersonen geen significante invloed van de stimulatie in de slaap op de scores voor de respectievelijke acht woorden waargenomen worden.

De experimentele groep binnen de leeftijdscategorie van 45 tot en met 55 jaar behaalde op test 1 een gemiddelde score van 3.13. Op test 2, de ochtend nadien, werd een iets hogere gemiddelde score van 3.27 gemeten. De gemiddelde score bij de controlegroep vertoonde tevens een stijging van test 1 naar test 2. Op test 1 bedroeg de gemiddelde score 2.47, wat op test 2 verhoogde naar een gemiddelde score van 2.91. De toename bij deze groep was dus lichtelijk hoger dan deze bij de experimentele groep. Hierdoor en ook wegens een slechts minieme verhoging van de testresultaten bij de experimentele groep werd geen significant verschil in de gemiddelde score op de respectievelijke acht woorden binnen test 2 tussen de experimentele- en de controlegroep teruggevonden [$F(1, 19) = 0.131, p > .05$].

Voor beide leeftijdsgroepen kon geen significant verschil tussen de experimentele- en de controlegroep met betrekking tot hun scores op de acht betekenisvolle woorden aangetroffen worden. Hoewel er bij de experimentele groep binnen elke leeftijdscategorie steevast een kleine verhoging van de prestatie voor de acht geselecteerde woorden geobserveerd kon worden, was het verschil met de controlegroep nooit significant. De toename in testscore kon bijgevolg niet vanuit het horen van de geluiden verklaard worden.



Grafiek 5: scores acht geluiden test 1 en 2 jonge leeftijdscategorie: gehoord versus niet gehoord



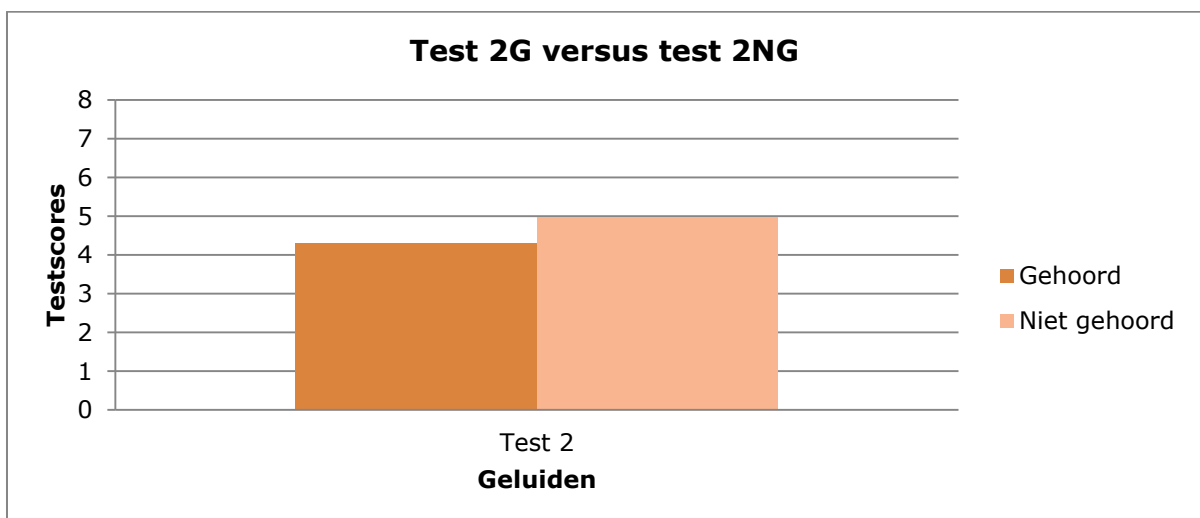
Grafiek 6: scores acht geluiden test 1 en 2 oudere leeftijdscategorie: gehoord versus niet gehoord

10.5.5 Test 2G versus test 2NG

Om te toetsen of de score op test 2 van de experimentele groep op de acht woorden waarvan ze de geluiden gehoord hadden (test 2G) significant hoger lag dan hun score op de acht woorden waarvan ze de geluiden niet gehoord hadden (test 2NG), werd de Paired Samples T-test gebruikt. Daarbij werd aan de drie toepassingsvoorwaarden om de Paired-Samples T-test te mogen uitvoeren, voldaan. De variabelen werden namelijk op ratioschaal gemeten. Tevens ging het hier om gepaarde steekproeven en daarnaast waren de variabelen normaal verdeeld.

Op test 2G bedroeg de gemiddelde score 4,29 op 8, tegenover een gemiddelde score van 4,96 op test 2NG. Er kon bijgevolg geen significant verschil tussen de score op test 2G en de score op test 2NG teruggevonden worden. De gemiddelde scores bleken zelfs als significant gelijk aanvaard te worden [$t(23) = -1.921, p > .05$].

Dit leidde ertoe dat deze deelhypothese door een uitgebleven hogere score van de experimentele groep op test 2G in vergelijking met test 2NG, niet bevestigd kon worden. De auditieve stimulatie bracht met andere woorden geen verhoogde retentie van de respectievelijke acht woorden teweeg.



Grafiek 7: test 2G versus test 2NG

10.6 Hypothese 6: hoger opgeleiden scoren hoger dan lager opgeleiden

Alle proefpersonen moesten op de vragenlijst over hun persoonlijke gegevens aangeven of ze hoger- of universitair onderwijs volgden of gevolgd hebben. Op die manier kon er een onderscheid tussen de testresultaten op de drie testen van (voormalige) hogeschoolstudenten en (voormalige) universitairers gemaakt worden. Zo werd bij de verwerking van de resultaten nagegaan of er een significant verschil bestond tussen de prestaties van deze groepen over de leeftijdscategorieën heen. Vervolgens werd dit ook binnen elke leeftijdsgroep getest. Daarbij werd voorspeld dat universitairers in het algemeen en ook per leeftijdsgroep een hogere score op alle testen behaalden. De opleidingsvariabele die bij deze hypothese betrokken was, werd op een ordinale meetschaal gecodeerd, wat een toepassingsvoorwaarde voor de Mann-Whitney U test vormt. Daardoor kon deze assumptie aan de hand van die test getoetst worden.

10.6.1 Tussen de leeftijdsgroepen

Aan de hand van de Mann-Whitney U test werd nagegaan of universitairers inderdaad hogere testcores dan hooggeschoolden behaalden. Daarbij werd getest of de universitairers (X_1) stochastisch hoger scoorden dan de hooggeschoolden (X_0). De nulhypothese (H_0) stelde dat hooggeschoolden een gelijke of een hogere score dan de universitairers behalen. Deze diende verworpen te worden, omdat de scores niet gelijk mochten zijn, wat bereikt werd bij een p-waarde $< .05$. Dat betekende immers een aanvaarding van de alternatieve hypothese (H_1) en dus een bevestiging van deze vooropgestelde hypothese.

$$H_0: X_0 \geq X_1$$

$$H_1: X_0 < X_1$$

Voor elk van de drie testen was de statistische waarde van Mann-Whitney U steeds $U_0 > U_1$, waardoor telkens '*1-Exact Sig. (1-tailed)*' gebruikt moest worden om de p-waarde te bepalen. De test leverde zowel voor test 1 [Mann-Whitney U = 75.00, $p > .05$], als voor test 2 [Mann-Whitney U = 76.50, $p > .05$], als voor test 3 [Mann-Whitney U = 72.00, $p > .05$] een p-waarde $> .05$ op, waardoor de nulhypothese aanvaard werd. De beoogde verwerping van de nulhypothese kwam via de test dus niet tot stand, wat ervoor zorgde dat er geen significant effect van het opleidingsniveau op de testprestaties opgetekend kon worden.

10.6.2 Binnen de leeftijdsgroepen

Voor elke leeftijdscategorie afzonderlijk werd eveneens nagegaan of de universitairers (X_1) stochastisch hoger scoorden dan de hooggeschoolden (X_0). Daarvoor werd dezelfde nulhypothese gebruikt, waarbij opnieuw een verwerping ervan nagestreefd werd.

In de leeftijdsgroep van 18 tot en met 23 jaar was Mann-Whitney U $U_0 > U_1$, waardoor via de formule '*1-Exact Sig. (1-tailed)*' de p-waarde bepaald diende te worden. Dit leverde geen significant verschil op tussen het opleidingsniveau van de proefpersonen en hun score op test 1 [Mann-Whitney U = 36.00, $p > .05$]. Ook voor test 2 [Mann-Whitney U = 35.00, $p > .05$] en voor test 3 [Mann-Whitney U = 37.50, $p > .05$] kon geen significant effect teruggevonden worden. Dit

hield in dat het opleidingsniveau geen significante invloed op de prestaties van de jonge deelnemers had.

De p-waarde moest bij de leeftijdscategorie van 45 tot en met 55 jaar opnieuw op dezelfde wijze berekend worden, omdat de statistische waarden van Mann-Whitney U dezelfde verdeling gaven. De te hoge p-waarden bij test 1 [Mann-Whitney U = 5.50, $p > .05$], bij test 2 [Mann-Whitney U = 7.00, $p > .05$] en bij test 3 [Mann-Whitney U = 6.00, $p > .05$] maakten dat de nulhypothese ook bij de proefpersonen van middelbare leeftijd niet verworpen kon worden. De scholingsgraad van de oudere deelnemers had met andere woorden geen significante invloed op hun testresultaten.

Deze resultaten toonden aan dat ook binnen elke leeftijdscategorie het opleidingsniveau van de proefpersonen geen significante invloed op hun testscores had. Deze hypothese kon in zijn geheel dus duidelijk niet aanvaard worden.

10.7 Hypothese 7: hoe langer werken, hoe lagere scores

Deze hypothese, waarin naar een correlatie tussen werkduur en testcores gepeild werd, was specifiek van toepassing op de leeftijdscategorie van 45 tot en met 55 jaar, omdat enkel zij werkervaring hadden. Aangezien deze subgroep slechts uit 21 proefpersonen bestond, kon de Pearson correlatietoets niet gebruikt worden. Een toepassingsvoorwaarde van de Pearson correlatietoets is immers dat de steekproefgrootte voldoende groot dient te zijn, met meer bepaald een minimale omvang van 25 proefpersonen. Daarom werd in de plaats daarvan door middel van de rangcorrelatietoets van Kendall specifiek nagegaan of een hogere werkervaring negatief correleerde met de testcores. Het ging bij deze hypothese over een negatieve correlatie tussen werkduur en testprestaties, omdat bij een stijging van de ene variabele (werkervaring), de andere variabele moest dalen (testscore). Er werd specifiek getoetst of de rangcorrelatiecoëfficiënt van Kendall τ tussen de werkervaring en de testprestaties kleiner was dan nul. Daarbij werd een verwerping van de nulhypothese nagestreefd, omdat de correlatie negatief lineair, dus kleiner dan nul, diende te zijn voor een aanvaarding van deze hypothese. Een p-waarde $< .05$ werd daartoe als resultaat beoogd.

$$H_0: \tau \geq 0$$

$$H_1: \tau < 0$$

Voor test 1 bedroeg de correlatiecoëfficiënt $r_k = 0.055$. Omdat $r > 0$ werd '*1-Sig. (1-tailed)*' gebruikt om de p-waarde te bepalen. Dat leverde een p-waarde $> .05$ op, wat een aanvaarding van de nulhypothese tot gevolg had. Dit maakte dat de variabelen voor deze test niet significant negatief gecorreleerd waren, omdat er sprake was van een erg grote p-waarde. Op die manier kon er niet over een negatief verband tussen de geselecteerde variabelen gesproken worden.

Test 2 en test 3 gaven voor een correlatie tussen werkervaring en testprestaties respectievelijk een correlatiecoëfficiënt $r_k = 0.059$ en $r_k = -0.015$. Dit zorgde ervoor dat '*1-Sig. (1-tailed)*' gebruikt moest worden om de p-waarde van test 2 te berekenen ($r > 0$) en '*Sig. 1-tailed*' om de p-waarde voor test 3 te berekenen, aangezien $r < 0$ was. Dat leverde voor beide testen een p-waarde $> .05$ op. Bij deze testcores kon zo eveneens geen significante negatieve correlatie vastgesteld worden, omdat de p-waarde te groot was.

Wegens de afwezigheid van een significante negatieve correlatie tussen werkervaring en testresultaten kon deze hypothese klaarblijkelijk onmogelijk aanvaard worden. Een hogere werkduur resulteerde dus niet in lagere testprestaties.

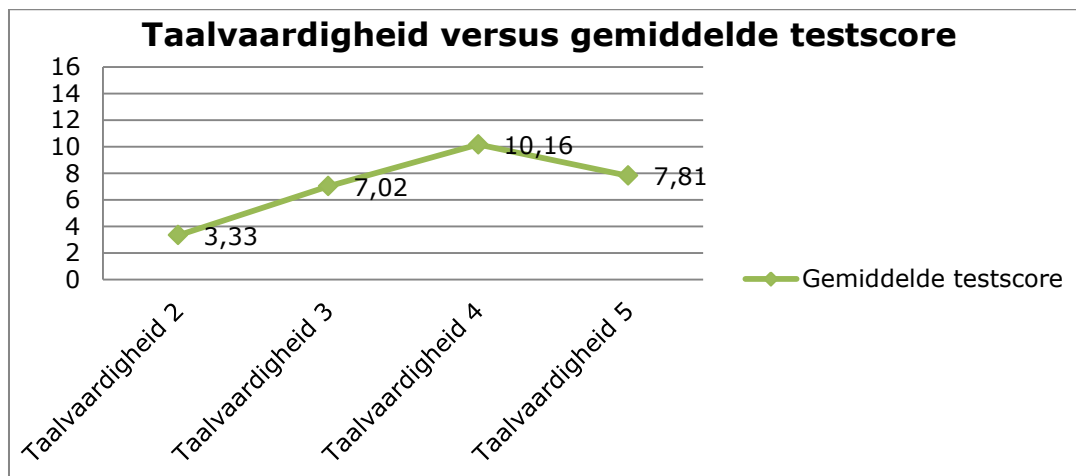
10.8 Hypothese 8: talenkennis versus testresultaten

10.8.1 Een grotere taalvaardigheid resulteert in hogere testresultaten

Een onderdeel van de vragenlijst vormde de talenkennis van de deelnemers. Voor het Nederlands, het Frans, het Engels en het Duits dienden de proefpersonen voor de vier taalvaardigheden (luisteren, lezen, spreken en schrijven) aan te kruisen hoe goed ze deze vaardigheden voor elke taal beheersten. Daarbij kregen ze vijf opties: zeer goed, goed, matig, zwak en slecht. Aan elke mogelijkheid werd een score gaande van 1, voor 'slecht', tot 5, voor 'zeer goed', toegekend. Op basis van de antwoorden werd voor elke deelnemer een score op 80 voor hun talenkennis berekend. Dit werd verkregen door elke taal op 20 punten te zetten, waarbij elke vaardigheid op 5 punten gezet werd. Indien de proefpersonen een score op 80 tussen 1 en 16 behaalden, werd hun talenkennis als 'slecht' gequoteerd. Niemand van de proefpersonen verwierf echter een taalvaardigheid van 1. Een resultaat tussen 17 en 32 op 80 resulteerde in een score 'zwak'. De quotering 'matig' werd aan proefpersonen toegekend die een score tussen 33 en 48 op 80 behaalden. Vanaf 49 tot 64 op 80 kregen de deelnemers een score van 'goed' en tot slot werd de score 'zeer goed' toegewezen aan degenen die een resultaat van 65 tot 80 op 80 verwierven.

Na het toekennen van de scores aan elke proefpersoon werd door middel van de One Way ANOVA test nagegaan of een grotere talenkennis effectief resulteerde in een hogere gemiddelde testscore van elke deelnemer op de drie testen samen. Deze statistische test mocht worden gebruikt, omdat aan de voorwaarden van homoscedasticiteit, normaliteit en onafhankelijkheid van de groepen voldaan werd.

Er kon een graduele stijging van de gemiddelde totale testscore voor een taalvaardigheid van 2 tot en met 4 waargenomen worden, met gemiddelde scores van respectievelijk 3.33 en 10.16. De gemiddelde score van 7.81 bij proefpersonen met een taalvaardigheid van 5 lag echter beduidend lager dan de score van 10.16 van de deelnemers met een taalvaardigheid van 4. Ondanks het gemiddeld lagere resultaat bij een taalvaardigheid van 5 kon worden vastgesteld dat er een marginaal significant verschil tussen de scores van de proefpersonen met een lagere en de deelnemers met een hogere taalvaardigheid bestond [$F(3, 38) = 2.84, p = .051$]. De talenkennis van de proefpersonen had dus een marginaal significante invloed op hun gemiddelde testprestatie.



Grafiek 8: taalvaardigheid versus gemiddelde testscore

10.8.2 Grotere kennis van het Frans resulteert in hogere testresultaten

Wegens de grote verwantschap tussen het Frans en het Spaans werd voor het Frans afzonderlijk nagegaan of een betere beheersing ervan leidde tot een hogere gemiddelde testscore van elke proefpersoon op alle testen samen. Daartoe werd een aparte score op 20 voor de kennis van het Frans voor elke proefpersoon berekend. Deze score kwam tot stand door de vier taalvaardigheden elk op 5 punten te zetten, waarbij 'slecht' een quotering van 1 punt kreeg en 'zeer goed' een quotering van 5 punten. Om na te gaan of een hogere taalvaardigheid voor het Frans afzonderlijk resulteerde in een betere gemiddelde testscore werd de Pearson correlatietest gebruikt. Daarmee werd specifiek getoetst of een hogere Franse taalbeheersing positief correleerde met de gemiddelde testscore van de deelnemers. Het draaide bij deze hypothese om een positieve correlatie, omdat bij een stijging van de ene variabele (Franse taalvaardigheid), de andere variabele ook moest stijgen (gemiddelde testscore).

De correlatietoets van Pearson kon hiervoor gebruikt worden, omdat aan alle toepassingsvoorwaarden voldaan werd. Zo was de steekproefgrootte ten eerste voldoende groot. De test vereist meer bepaald een minimale steekproefomvang van 25 proefpersonen, die in dit experiment met 42 proefpersonen ruim overschreden werd. Vervolgens werden de variabelen op ratioschaal gemeten. Ten slotte was de tweedimensionale stochastiek (Frans, Gemiddeldetestscore) bivariaat normaal verdeeld.

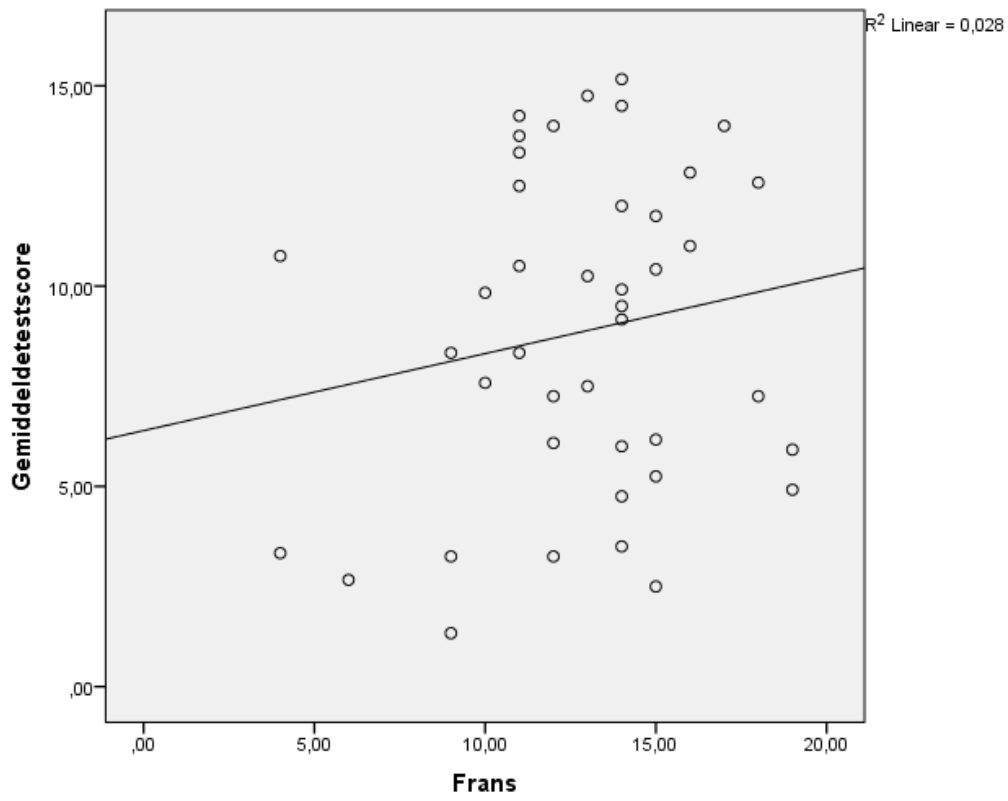
Met de Pearson correlatietoets werd specifiek nagegaan of ρ groter was dan nul. Daarbij werd een verwerping van de nulhypothese nagestreefd, omdat de correlatie positief lineair, dus groter dan nul, diende te zijn voor de aanvaarding van de alternatieve hypothese en dus ter bevestiging van deze deelhypothese. Een p-waarde $< .05$ werd daarom als resultaat beoogd.

$$H_0: \rho \leq 0$$

$$H_1: \rho > 0$$

De geobserveerde correlatie tussen Frans en de gemiddelde testscore bedroeg $r = 0.166$. Dit leidde ertoe dat '*Sig. (1-tailed)*' gebruikt diende te worden om de p-waarde te berekenen, aangezien $r > 0$ was. Dat leverde een p-waarde $> .05$ op, wat een aanvaarding van de nulhypothese tot gevolg had. Dit betekende met andere woorden dat de variabelen, meer bepaald het Frans en de gemiddelde testscore, slechts zwak positief gecorreleerd waren. Deze correlatie was ook niet significant te noemen, omdat de p-waarde te groot was. Op die manier kon er niet over een positief verband tussen de geselecteerde variabelen gesproken worden.

Frans taalvaardigheid versus gemiddelde testscore



Grafiek 9: Franse taalvaardigheid versus gemiddelde testscore

10.9 Hypothese 9: mannen versus vrouwen

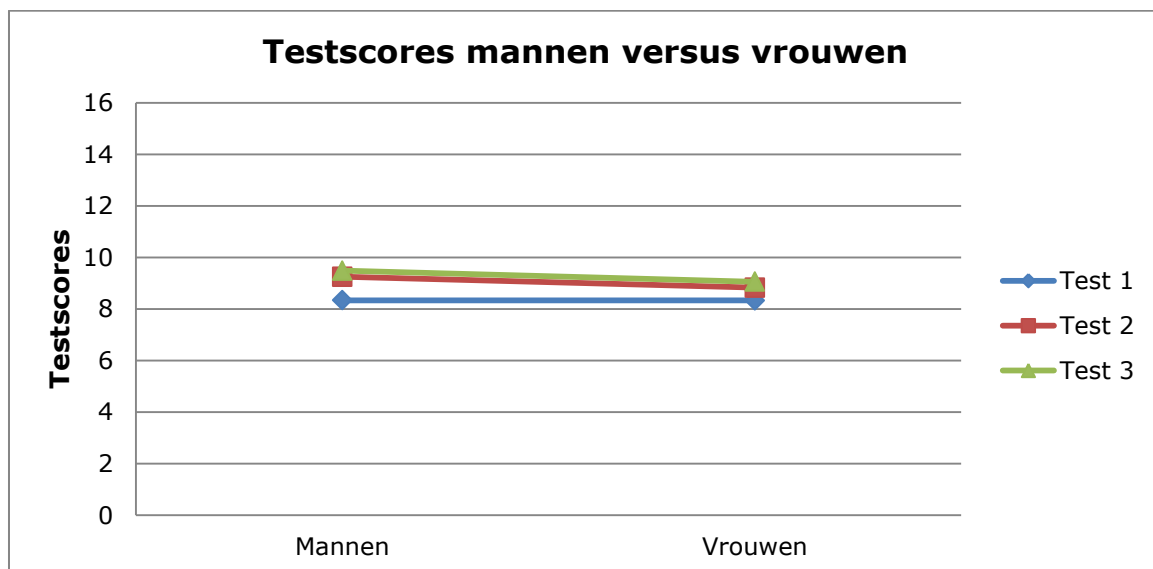
Voor de verscheidene test scores werd bestudeerd of er een significant verschil tussen de prestaties van de mannen en de uitslagen van de vrouwen bestond. Hiervoor werd de One Way ANOVA test gebruikt, waarbij aan de voorwaarden van homoscedasticiteit, normaliteit en onafhankelijkheid van de groepen voldaan werd.

De gemiddelde score van de mannen op test 1 bedroeg 8.34, tegenover een gemiddelde score van 8.33 bij de vrouwen. Wegens dit minimale verschil was het onmogelijk om een significant effect van geslacht op de prestatie van de eerste test vast te stellen [$F(1, 40) = 0.00, p > .05$].

De kloof tussen de resultaten bij de mannen en de vrouwen op test 2 was iets groter. De mannen behaalden op die test een gemiddelde score van 9.25, terwijl de vrouwen een iets lagere gemiddelde score van 8.83 haalden. Toch kon er ook voor deze test geen significant verschil tussen beide geslachten gevonden worden [$F(1, 40) = 0.100, p > .05$].

Ten slotte bedroeg de gemiddelde score op test 3 bij de mannen 9.49 en bij de vrouwen 9.06. Dit verschil was echter eveneens niet significant om een beïnvloeding van geslacht op het resultaat van deze derde test te constateren [$F(1, 40) = 0.115, p > .05$].

Uit de statistische verwerking van deze hypothese kon bijgevolg worden opgemaakt, dat het geslacht geen significante invloed op de verschillende test scores van de proefpersonen uitoefende.



Grafiek 10: test scores mannen versus vrouwen

11 Overzichtstabel resultaten

	Hypothese	Sig.	Conclusie
Hypothese 1	Jongeren scoren hoger dan volwassenen	Test 1: $p = .001$ Test 2: $p < .001$ Test 3: $p = .001$	Significant verschil tussen jongeren en ouderen op alle testen
Hypothese 2	Score hoger na de slaap	$p < .01$	Significant effect van de slaap op prestatie van test 2
Hypothese 3	Lagere score van test 1 naar test 3	$p > .05$	Geen significante daling op score test 3 in vergelijking met test 1 + 2
	Lagere score van test 2 naar test 3	$p > .05$	
Hypothese 4	Snelheid leren hoger bij jongeren	$p < .001$	Significant hogere leersnelheid bij jongeren
Hypothese 5	Algemene score groep gehoord hoger dan groep niet gehoord	$p > .05$	Zowel tussen als binnen de leeftijdscategorieën geen significant verschil tussen scores groep gehoord versus groep niet gehoord
	Score acht woorden groep gehoord hoger dan groep niet gehoord	$p > .05$	Zowel tussen als binnen de leeftijdsgroepen geen significant effect op de scores door de blootstelling aan de geluiden
	Test 2G versus test 2NG	$p > .05$	Geen significant verschil tussen scores op test 2G en test 2NG
Hypothese 6	Universitair scoren hoger dan hogeschoolden	$p > .05$	Zowel tussen als binnen de leeftijdsgroepen geen significant effect van opleidingsniveau op scores
Hypothese 7	Langere werkduur resulteert in lagere scores	$p > .05$	Geen negatieve correlatie tussen werkduur en scores
Hypothese 8	Grotere taalvaardigheid leidt tot hogere gemiddelde testscore	$p = .051$	Marginaal significante invloed van hogere taalvaardigheid op gemiddelde testscore
	Grotere taalvaardigheid Frans leidt tot hogere gemiddelde testscore	$p > .05$	Zwakke, maar niet significante, positieve correlatie tussen Franse taalvaardigheid en gemiddelde testscore
Hypothese 9	Mannen versus vrouwen	$p > .05$	Geen significante invloed van geslacht op scores

Tabel 1: overzicht resultaten slaaponderzoek

12 Verklaring onderzoeksresultaten

In dit gedeelte wordt getracht een verklaring te bieden voor de gevonden resultaten bij elke vooropgestelde hypothese. Deze verklaringen zijn erg divers van aard, gaande van anatomische tot methodologische motiveringen. Zo draagt dit experiment bij tot een beter begrip van de rol van de slaap bij de consolidatie van declaratieve kennis, meer bepaald de versterking van woordenschat van een vreemde taal, in het geheugen bij jongvolwassenen en personen van middelbare leeftijd.

12.1 Hypothese 1: de jongeren scoren algemeen hoger dan de volwassenen van middelbare leeftijd

De eerste hypothese stelde dat de jongeren algemeen op alle testen hoger zouden scoren dan de volwassenen van middelbare leeftijd. Uit de testprestaties voor de drie testen werd, zoals verwacht, een significant verschil tussen de testcores van de jonge en de oudere leeftijdsgroep teruggevonden.

Hier kunnen verschillende mogelijke oorzaken voor gegeven worden. Ten eerste bevinden de jongeren zich nog in het schoolse ritme. Als student worden ze nog dagelijks met het leren geconfronteerd, waardoor ze nog over de gewoonte beschikken om leerstof snel en efficiënt te verwerken. De ouderen leren eveneens frequent zaken bij, door bijvoorbeeld nieuwe handelingen op het werk of via bijscholingen voor hun job, maar niet meer op de schoolse wijze. Het instuderen van cursussen, waarbij er grote hoeveelheden leerstof op relatief korte tijd memoriseerd dienen te worden, behoort zo niet langer tot hun leefwereld. Daardoor kost het hen veel meer moeite om op zulke korte tijd en op efficiënte wijze de veertig Spaanse woorden in zich op te nemen. Jongeren zijn in staat om grotere hoeveelheden op kortere tijd te verwerken.

De hogere scores bij de jongeren hebben ten tweede ook te maken met een nog 'gekende' en vooral een ook nog bijna dagelijks toegepaste leerstijl bij de jonge studenten. Jongeren weten op welke manier ze persoonlijk het beste met de leerstof omgaan en passen deze leerstijl dan ook bij het leren toe. Volwassenen van middelbare leeftijd hebben mogelijk ook nog een zicht op hun leerstijl, maar door het geringe in aanraking komen met leren, verloopt de toepassing van hun leerstijl op de leerstof een pak moeizamer dan bij jongeren. Door de vlottere toepassing van hun persoonlijke leerstijl waren de jongeren potentieel in staat om de leerstof sneller te verwerken en op te slaan in het geheugen dan de ouderen.

Daarnaast doen zich tijdens het verouderingsproces een aantal anatomische en fysiologische veranderingen in de hersenen voor, die het cognitieve functioneren negatief beïnvloeden. Het gewicht en de omvang van de hersenen neemt af, wat in verband gebracht kan worden met een afname van het aantal neuronen. Ook treedt er een verminderde bloedtoevoer naar het brein op, door het proces van atherosclerose. Dit is de geleidelijke ophoping van vet in de bloedvatwanden, waardoor het bloed langzamer door de aderen stroomt. Tot slot vindt er een reorganisatie van de synapsen in de hersenen plaats. Bepaalde synapsverbindingen gaan verloren en er worden minder

neurotransmitters gevormd (Martini 2012: 345-346). Deze anatomische veranderingen leiden tot een bemoeilijkte consolidatie in het geheugen. Dit houdt meer bepaald in dat het proces van de omzetting van het kortetermijngeheugen naar het langetermijngeheugen moeilijker verloopt (Martini 2012: 347). In dit experiment draaide het om de geheugenconsolidatie van een declaratieve geheugentaak, meer bepaald het leren van Spaanse woorden. Door de veranderingen in het brein bij veroudering kan bijgevolg gesteld worden dat de consolidatie van de Spaanse woorden bij de leeftijdscategorie van middelbare leeftijd moeizamer verliep, waardoor deze algemeen lagere testcores behaalden.

Binnen deze hypothese was evenwel voornamelijk het verschil tussen de jonge en de oudere leeftijdscategorie met betrekking tot hun gemiddelde score op test 2 interessant. Bij de prestatie op deze test speelde de slaap immers een beslissende rol. De slaap vervult zowel een passieve als een actieve rol bij de consolidatie van informatie in het geheugen (Born 2012). Zo treedt er tijdens de slaap een reactivering van de hersengebieden, die initieel bij het leren betrokken waren, op. Dit actieve proces vormt het basismechanisme voor de consolidatie van informatie in het geheugen (Born 2012). Die reactivering vindt het uitdrukkelijkst in de SWS plaats en dit het duidelijkst bij hippocampusafhankelijke, declaratieve geheugentaken. Dit kan aan een verhoogde retentie van de net geleerde declaratieve informatie gelinkt worden, waarbij een grotere hoeveelheid SWS resulteert in een hogere retentie van de nieuwe informatie en omgekeerd (Rasch 2013 + Walker 2009).

Dit experiment deed bijgevolg een beroep op de SWS voor de reactivering van de net geleerde Spaanse woorden in het geheugen, aangezien het leren van een nieuwe taal een hippocampusafhankelijke, declaratieve geheugentaak is. Bij het verouderingsproces doet zich echter, door een daling van de homeostatische slaapbehoefte, een reductie van de hoeveelheid SWS voor. Bepaalde studies vonden dat deze daling uitmondde in een gebrekkige vastzetting van nieuwe kennis in het declaratieve geheugen bij oudere volwassenen. Er was met andere woorden een positieve correlatie tussen een minder SWS-rijke slaap en een achteruitgang van de consolidatie van declaratieve geheugentaken (Harand 2012). Dit biedt een mogelijke verklaring voor het significante verschil in de gemiddelde scores tussen jongeren en ouderen op test 2. De veranderingen in de slaap bij het verouderen, waarbij de afname van de hoeveelheid SWS centraal staat, hadden dus mogelijk een invloed op de consolidatie van de Spaanse woorden in het geheugen. De nadrukkelijk lagere score op test 2 bij de ouderen kan bijgevolg mede door een afname van de hoeveelheid SWS verklaard worden.

12.2 Hypothese 2: na de slaap scoren alle leeftijdscategorieën hoger

Uit de verwerking van de resultaten kon voor beide leeftijdscategorieën een significant hogere gemiddelde score op test 2, de test in de ochtend na de slaap, in vergelijking met test 1, de test in de avond na de oefensessie, waargenomen worden. Dit vormde een bevestiging van deze hypothese, namelijk dat iedereen na de slaap hoger scoorde.

De functie van de slaap bij de verwerking van nieuw verworven kennis kan hiervoor een verklaringsbasis vormen. Als offline periode worden in de slaap de optimale omstandigheden voor

de consolidatie van informatie in het geheugen gecreëerd (Born 2012). De slaaptoestand zorgt er ten eerste voor dat een individu tijdelijk minder blootgesteld wordt aan externe prikkels, wat de recent opgenomen kennis resistenter maakt tegen de interferentie van nieuwe informatie en het vergeten van de net geleerde kennis (Verbraecken 2013).

Daarnaast zorgt de slaap ook, via de reactivering van de hersengebieden die initieel bij het leren betrokken waren, actief voor de consolidatie van nieuw verworven informatie in het geheugen (Born 2012). In dit proces spelen de SWS en de REM-slaap een complementaire rol. De SWS regelt de consolidatie in het declaratieve geheugen, terwijl de consolidatie in het niet-declaratieve geheugen door de REM-slaap ondersteund wordt (Rasch 2013). Als gevolg van deze passieve en actieve verwerking in de slaap trad er potentieel bij alle leeftijdsgroepen een verhoging van de gemiddelde prestatie op test 2 in vergelijking met test 1 op. Hierbij speelt voornamelijk de SWS een centrale rol, omdat het verwerven van de Spaanse woorden een declaratieve geheugentaak is.

Toch werd bij de leeftijdsgroep van 18 tot en met 23 jaar een significanter verschil in de gemiddelde testresultaten van test 1 en test 2 aangetroffen tegenover de leeftijdsgroep van 45 tot en met 55 jaar. Een reductie van de hoeveelheid SWS bij het verouderingsproces vormt hiervoor een plausibele verklaring (zie verklaring voorgaande hypothese).

12.3 Hypothese 3: lagere score op de test van een week later

Verwacht werd dat de proefpersonen op test 3, de test die een week later werd afgenomen, een lagere score dan op de voorgaande testen zouden behalen. De reden hiervoor was dat de deelnemers gedurende het langere tijdsinterval tussen ten eerste test 1 en test 3 en ten tweede test 2 en test 3 niet bewust met de Spaanse woorden bezig zouden zijn. In die periode kon er tevens een interferentie van nieuwe kennis plaatsgrijpen. Dit houdt in dat het leren van nieuwe informatie kan tussenkomen in de consolidatieprocessen en zo de recent aangemaakte geheugensporen kan overschrijven (Verbraecken 2013). Concreet betekende dat voor dit experiment dat de confrontatie van de deelnemers met nieuwe informatie in de week tussen de testen kon interfereren met de geheugenconsolidatie van de recent geleerde Spaanse woorden, waardoor die net ontwikkelde geheugensporen beschadigd konden worden. Dit proces kon bij de proefpersonen zo resulteren in een verminderde retentie van de Spaanse woordenschat op test 3. Uit de resultaten bleek echter het omgekeerde. Er kon niet over een significante daling van de scores, zowel van test 1 naar test 3, als van test 2 naar test 3, gesproken worden. De testscores van de deelnemers verhoogden of bleven gelijk in vergelijking met de twee eerdere testen.

Hiervoor kunnen verscheidene verklaringen geboden worden. Ten eerste is het plausibel dat bepaalde deelnemers de Spaanse woorden in de tussentijd opgezocht hadden, hoewel hen op het hart gedrukt werd dat ze dit niet mochten doen. Bij navraag op de afspraak een week later gaf iedereen wel aan dat ze niets opgezocht hadden, maar er was alleen hun woord om op te vertrouwen. Hun 'stiekeme' opzoekingswerk leidde zo mogelijk tot een verhoogde retentie van de woordenschat in vergelijking met de voorgaande testen.

Daarnaast hadden een aantal proefpersonen misschien een lijst van de Spaanse woorden gemaakt. Daardoor konden ze de woorden nog extra bestuderen, wat een vertekening van de resultaten op test 3 tot stand gebracht zou kunnen hebben.

Tot slot werden de resultaten bij de leeftijdsgroep van 45 tot en met 55 jaar mogelijk beïnvloed, door het gezamenlijke overlopen van de woordenschat tussen de deelnemende koppels. Zo konden ze elkaars 'gaten' in het geheugen opvullen, evenals foute antwoorden van elkaar overnemen. Dit fenomeen kan ook bij deelnemende gezinnen een rol gespeeld hebben, maar deze kwamen minder frequent in het onderzoek voor. Dit kon een hogere prestatie op test 3 in vergelijking met de andere testen tot gevolg hebben.

Deze drie factoren hebben waarschijnlijk voor een vertekening van de resultaten van de proefpersonen op test 3 gezorgd.

12.4 Hypothese 4: snelheid leren hoger bij de jonge deelnemers in vergelijking met de oudere deelnemers

De vooropgestelde assumptie dat de jonge proefpersonen gemiddeld een hoger leertempo zouden hebben dan de oudere deelnemers werd via de One Way ANOVA test ruimschoots bevestigd.

Een eerste verklaring voor het snellere leertempo bij de jongeren is er een van praktische aard. De oudste leeftijdsgroep is in tegenstelling tot de jongste leeftijdsgroep niet in het computertijdperk opgegroeid. Dit heeft tot gevolg dat een deel van de ouderen minder met de computer vertrouwd is, wat zich in beperkte(re) computervaardigheden uit. Het langzamere leertempo bij de ouderen valt dus deels aan hun tragere werking met de computer te wijten. Dit vormt echter geen volledig sluitende factor, aangezien het verschil in leersnelheid daarvoor tussen de leeftijdsgroepen te groot is.

Een tweede plausibele verklaring is dat de jongeren door hun studies nog nagenoeg dagelijks nieuwe leerstof tot zich nemen. Dit zorgt ervoor dat ze beter dan de oudere volwassenen in staat zijn om op kortere tijd sneller en efficiënter grotere hoeveelheden informatie in zich op te nemen. Daarnaast duurt de ontwikkeling van de hersenen tot de leeftijd van 23 tot 25 jaar voort. De structuur van het brein staat dan nog niet vast, waardoor de hersenen nog toegankelijker zijn voor de opname van nieuwe kennis (Mönks 2009). Door een grotere flexibiliteit van het brein beschikken jongvolwassenen over de mogelijkheid om sneller nieuwe geheugensporen aan te maken en zo dus sneller nieuwe kennis in het geheugen op te nemen en op te slaan (Mönks 2009). Dit betekent evenwel niet dat oudere volwassenen geen nieuwe verbindingen kunnen aanmaken. Er kunnen een heel leven lang nieuwe verbindingen gecreëerd worden, maar bij ouderen verloopt dit proces door een bemoeilijkte consolidatie evenwel moeizamer. Daardoor hebben zij meer tijd nodig om nieuwe kennis in het geheugen op te slaan (Martini 2012). Het tragere leertempo bij de oudste leeftijdsgroep kan dus mogelijk ook door een verminderde flexibiliteit van de hersenen verklaard worden.

Deze drie zaken maken waarschijnlijk dat de jonge deelnemers de oefensessie aan een opmerkelijk hoger leertempo voltooiden.

12.5 Hypothese 5: gehoord versus niet gehoord

De auditieve stimulatie van de hersenen met betekenisvolle geluiden tijdens de SWS leverde geen versterking van de recent geleerde Spaanse woorden in het geheugen op. Er werd in de eerste plaats geen significant verschil tussen de algemene scores van de experimentele groep, de proefpersonen die aan de stimuli blootgesteld werden, en de controlegroep, de proefpersonen die niet aan de stimuli blootgesteld werden, zowel tussen als binnen de leeftijdsgroepen, teruggevonden. In de tweede plaats kon er eveneens geen significant verschil tussen de scores op de acht woorden, die aan de geluiden gebonden waren, bij de experimentele groep en bij de controlegroep, zowel tussen als binnen de leeftijdscategorieën, opgetekend worden. Er kon wel telkens bij de experimentele groep een verhoging van de score van test 1 naar test 2 waargenomen worden, maar deze was niet significant verschillend van de stijging van de testscore bij de controlegroep. Ten slotte kon er ook geen significant verschil tussen de scores op test 2 binnen de experimentele groep, voor de acht woorden waarvan ze de geluiden gehoord hadden (test 2G) en de acht woorden waarvan ze de geluiden niet gehoord hadden (test 2NG), geobserveerd worden.

Hier kunnen drie potentiële verklaringen voor gegeven worden. Ten eerste is het mogelijk, ondanks het zorgvuldig geteste volume van de apparatuur, dat de proefpersonen binnen de experimentele groep in de nacht tijdens het afspelen van de geluiden ontwaakt zijn. Deze factor kan de testscore in twee richtingen gestuurd hebben. Aan de ene kant kan dit tot een verhoging van de prestatie geleid hebben. Door het horen van de geluiden kan het individu namelijk de respectievelijke Spaanse woorden 's nachts bewust herhaald hebben. Aan de andere kant kan dit ook voor een daling van de testscore gezorgd hebben. Het in de nacht wakker liggen, tast immers de slaapkwaliteit aan, wat in een grotere vermoeidheid in de ochtend resulteert. Verwacht werd dat dit effect het meeste bij de oudste leeftijdscategorie tot uiting zou komen, wegens een bij hen verslechterde slaapcontinuïteit. De testresultaten bevestigden inderdaad dit vermoeden. De niet significante stijging van de testscore was iets geringer bij de ouderen dan bij de jongeren. Het wakker worden in de nacht kan de resultaten dus in een 'positieve' en een 'negatieve' zin beïnvloed hebben.

Ten tweede is het plausibel dat de geluiden bij de experimentele groep niet (in elke slaapcyclus) tijdens de SWS afspeelden. Dit stadium van de slaap was cruciaal voor dit onderzoek, omdat de geheugenconsolidatie van hippocampusafhankelijke, declaratieve taken, zoals het leren van woordenschat uit een vreemde taal, tijdens deze slaapfase plaatsgrijpt. De juiste apparatuur, meer bepaald een EEG-meting, ontbrak evenwel om exact te bepalen wanneer het individu zich in de SWS bevond. Daarom werd via berekeningen van de gemiddelde duur van de verscheidene slaapstadia, het tijdstip van de SWS binnen elke slaapcyclus bepaald. Zo werd de afspeeltijd van de geluiden in de verscheidene slaapcycli vastgelegd en kregen de proefpersonen op die tijdstippen via een iPod de geluiden te horen. Indien een proefpersoon echter afweek van het gemiddelde slaappatroon, kon de auditieve stimulatie van de hersenen mogelijk in de verkeerde slaapfase plaatsgrijpen. Op die manier miste de stimulatie haar doel als versterker van de acht

respectievelijke woorden in het geheugen en kon er bijgevolg de volgende ochtend op test 2 potentieel geen betere prestatie voor die woorden teruggevonden worden.

Een derde en laatste verklaring voor het ontbreken van een significant effect van de stimulatie met betekenisvolle geluiden op de score van test 2 is dat bepaalde deelnemers eventueel impliciet geen koppeling tussen de betekenisvolle geluiden en de Spaanse woorden gemaakt hebben. Er vindt dan bijgevolg geen impliciet leerproces plaats, waardoor het individu niet de link tussen de woorden en de geluiden kan leggen. De auditieve stimulatie heeft op die manier niet het effect van een versterking van de geheugenconsolidatie voor die specifieke Spaanse woorden. Hierdoor kon er eveneens mogelijk geen verbeterde retentie voor de specifieke acht woorden, die aan de geluiden gekoppeld waren, optreden.

12.6 Hypothese 6: hoger opgeleiden scoren hoger dan lager opgeleiden

Wegens een meer theoretisch gerichte aanpak in het universitaire onderwijs, tegenover een voornamelijk op de praktijk gerichte opleiding van de hogescholen, werd verwacht dat de proefpersonen die universitair onderwijs genoten/genoten hebben algemeen hogere testcores zouden behalen. Uit de bestudering van de resultaten, eerst voor alle leeftijdsgroepen samen en nadien voor de jonge en de oudere leeftijdscategorie afzonderlijk, bleek er echter geen significante invloed van het opleidingsniveau op de testcores te bestaan.

De mogelijke verklaring voor deze uitkomst heeft te maken met de samenstelling van de steekproef. Er is in de sample namelijk geen evenredige verdeling tussen de proefpersonen op basis van scholingsgraad. In totaal namen 42 individuen aan dit experiment deel. Een ruime meerderheid van 35 deelnemers volgde of had een opleiding aan de hogeschool gevolgd, waarvan 16 uit de jongste leeftijdscategorie en 19 uit de oudere leeftijdsgroep. Dat maakt dat slechts een zesde van de steekproef uit universitaire bestaat. Bij de jonge deelnemers namen 5 individuen die een universitaire opleiding volgden deel. Binnen de oudere leeftijdsgroep resulteerde dit in een participatie van slechts 2 personen die universitair onderwijs gevolgd hadden. Door een overheersing van de lager opgeleiden wegen hun testcores veel zwaarder door in de uiteindelijke resultaten dan de testprestaties van de hoger opgeleiden. Dit heeft vanzelfsprekend een grote invloed op de uitslag van deze hypothese.

12.7 Hypothese 7: hoe langer werken, hoe lagere score

Voor de leeftijdsgroep van 45 tot en met 55 jaar werd getoetst of er een negatieve correlatie tussen de werkduur en de testcores bestond. Dit hield concreet in dat een hogere werkervaring tot lagere testprestaties zou moeten leiden. Deze assumptie kon echter door de resultaten niet bevestigd worden. Zowel voor test 1, als test 2, als test 3 kon er geen negatieve correlatie tussen werkervaring en testcores teruggevonden worden.

Dit kan mogelijk ten eerste door het werkveld waarin de oudere deelnemers zich bevinden, geduid worden. Indien ze een talige opleiding gevolgd hebben en/of werken in een talige of communicatieve sector ligt hun taalvaardigheidsniveau normaliter hoger dan dat van de overige

deelnemers. Dit kan voor deze proefpersonen, ongeacht hun werkduur, in hogere testcores geresulteerd hebben. Daarbij speelt eveneens het aspect interesse een rol. Zulke deelnemers zijn door hun opleiding en/of hun beroepskeuze meer gebeten door taal, waardoor hun motivatie om het experiment tot een goed einde te brengen wellicht iets groter was. Zo behaalden zij misschien iets hogere testresultaten. Ook indien de proefpersonen binnen hun beroep regelmatig met taal bezig zijn, zoals via de mondelinge en de schriftelijke communicatie met klanten of door het herhaaldelijke verbale en/of het geschreven gebruik van het Frans of een andere taal ligt hun taalniveau wellicht iets hoger. Daardoor behaalden ze potentieel, los van hun werkervaring, betere testresultaten. Het omgekeerde geldt natuurlijk ook. Als de proefpersonen niet binnen een talige sector werken of geen interesse in taal hebben of binnen hun beroep weinig of niet met taal in aanraking komen, haalden zij waarschijnlijk iets lagere testcores, afgezien van een kortere of een langere carrière.

Daarnaast vormt de mate waarin het beroep van de deelnemers bijscholing vereist een plausibele verklaring. Bepaalde beroepen vergen een regelmatige bijscholing van het personeel, terwijl dit in andere sectoren beperkt(er) is. Dat kan er binnen dit experiment toe geleid hebben dat een deel van de oudere proefpersonen, ook degenen die al een langere carrière achter de rug hebben, door een groter aantal bijscholingen nog beter in staat is om nieuwe kennis sneller en efficiënter op te pikken. Dat leidde bij hen eventueel tot hogere testprestaties.

12.8 Hypothese 8: talenkennis versus testresultaten

Via een quoteringschaal van 'zeer goed' tot 'slecht' werd bij elke deelnemer het taalvaardigheidsniveau bepaald. Hierdoor kon worden nagegaan of een hogere taalvaardigheid van de proefpersonen zich ook effectief naar een hogere gemiddelde testprestatie vertaalde. Uit de verwerking van de resultaten kon worden afgelezen dat er een marginaal significante invloed van de talenkennis van de deelnemers op hun gemiddelde testprestatie bestond. Deze hypothese kon dus worden bevestigd: een hogere taalvaardigheid resulteerde inderdaad in een betere gemiddelde testscore.

Voor deze uitkomst kunnen verschillende verklaringen gegeven worden. Eerst en vooral moeten er twee kanttekeningen bij het marginaal significante effect van de talenkennis van de deelnemers op hun gemiddelde testresultaat geplaatst worden. Om het taalvaardigheidsniveau van de deelnemers exact te bepalen, was het onmogelijk om van elk individu een gestandaardiseerde taaltest voor het Nederlands, het Frans, het Engels en het Duits af te nemen. Als geschikt en haalbaar alternatief werd bij elke taal een quoteringschaal voor de vier vaardigheden van 'zeer goed' tot 'slecht' gebruikt. Omdat elke proefpersoon op die manier zijn eigen taalvaardigheid quoteerde en de quoteringschalen mogelijk door elke deelnemer op een andere wijze gedefinieerd werden, hebben bepaalde deelnemers hun talenkennis misschien onderschat of net overschat. Dit kan de uitkomst van deze hypothese beïnvloed hebben.

De quoteringschaal via een schaal van 'zeer goed' tot 'slecht' maakt een exacte scoring van de taalvaardigheid ook onmogelijk. Er werd wel met een beperkt aantal waarden (zeer goed, goed, matig, zwak en slecht) gewerkt, maar de afstand tussen die waarden kan niet volledig nauwkeurig

bepaald worden, niet door de deelnemers, maar ook niet door de onderzoekers. Dat zorgt ervoor dat de quotering van de taalvaardigheid vrij relatief is.

Ten tweede kan de grotere talenkennis van bepaalde deelnemers mogelijk uitmonden in het sneller en efficiënter opnemen van een nieuwe taal. Dit komt door een beter inzicht in de grammaticale structuren en andere (onderliggende) regels van een taal. Een taalvaardigere deelnemer verwierf zo potentieel een sneller inzicht in de grammaticale regels van het Spaans, zoals het verband tussen de Spaanse lidwoorden en de uitgangen van de woorden, waardoor deze de woorden efficiënter en aan een hoger tempo kon leren.

Uit een betere beheersing van talen bij de deelnemers kan in de derde plaats ook voortvloeien dat zij in staat zijn om meer linken tussen de door hen gekende talen en de voor hen nieuwe taal, hier het Spaans, te leggen. Een hogere taalvaardigheid voor het Engels en vooral voor het Frans kon voor de proefpersonen een enorme hulp in het memoriseren van de woorden betekenen, door een sterk verband tussen verscheidene van de Spaanse woorden en deze talen.

Nadien werd, wegens de sterke verwantschap tussen het Frans en het Spaans, de invloed van een hogere taalvaardigheid voor het Frans op de gemiddelde testscore afzonderlijk bestudeerd. Verwacht werd dat een betere beheersing van de Franse taal in een betere gemiddelde testprestatie zou uitmonden. Er kon echter geen positieve correlatie tussen de Franse taalvaardigheid van de deelnemers en hun gemiddelde testscore teruggevonden worden.

Dit kan, net als voor de quotering van de algemene taalvaardigheid, ten eerste door de zelfquotering en de eigen definiëring van de quoteringsschaal voor de Franse taalvaardigheid verklaard worden. Dit leidde immers potentieel bij bepaalde proefpersonen tot een onderschatting of een overschatting van zijn Franse taalvaardigheid. Wanneer er een gestandaardiseerde taalttest voor het Frans afgenomen zou worden, kan dit vertekenende effect verwaarloosbaarder worden.

De relatieve quotering van de taalvaardigheid voor het Frans speelt mogelijk binnen deze deelhypothese ook een rol.

Hier oefenen deze twee effecten potentieel een grotere invloed op de testresultaten uit, omdat het slechts over de quotering van de taalvaardigheid van een taal gaat, waardoor de relativiteit van de scoring zwaarder doorweegt. Dit kan het verschil in het marginaal significant zijn van de algemene taalvaardigheid op de gemiddelde testscore en het ontbreken van een positief verband tussen de Franse taalvaardigheid en de gemiddelde testscore eventueel verklaren.

12.9 Hypothese 9: mannen versus vrouwen

Tot slot werd onderzocht of er een verschil tussen de prestaties van de mannen en de scores van de vrouwen bestond. Hierbij werd verwacht dat hun testcores erg gelijklopend zouden zijn. De testresultaten van beide geslachten bevestigden inderdaad dit vermoeden. Er kon geen significante invloed van het geslacht op de verscheidene testprestaties geobserveerd worden.

De verklaring hiervoor is dat wetenschappers meer recent steeds vaker afstappen van een onderscheid op het vlak van taal tussen het brein van de man en het brein van de vrouw. Vroeger neuropsychologisch onderzoek toonde nochtans aan dat vrouwen gemiddeld beter presteren op linkerhemisferische taken, terwijl mannen hoger scoren op rechterhemisferische taken. Dit zou onder andere tot uiting komen in een betere taalbeheersing van vrouwen en een beter ruimtelijk inzicht bij mannen (Vingerhoets 2000). Volgens deze stelling zouden de vrouwelijke deelnemers van dit onderzoek dus hoger moeten scoren, wat duidelijk niet het geval is. In recentere wetenschappelijke werken wordt evenwel op linguïstisch vlak, door nieuw verworven inzichten, niet langer een onderscheid tussen de hersenen van de man en de hersenen van de vrouw gemaakt. Het brein van beide geslachten wordt steeds meer als volledig gelijk beschouwd. In verscheidene gepubliceerde literatuurstudies over het cognitieve functioneren van de mens wordt dan ook op taalkundig vlak geen onderscheid meer tussen het mannelijke en het vrouwelijke brein gemaakt. Zo onder meer niet in het werk van W. Croft en D. Cruse *Cognitive Linguistics*, dat handelt over de relatie tussen taal en de cognitieve verwerking in het menselijke brein. De auteurs spreken bij de uiteenzetting van de gangbare ideeën hieromtrent steevast globaal over 'het menselijke brein' (Croft 2004). Een gemeenschappelijke cognitieve verwerking op linguïstisch vlak in de mannelijke en de vrouwelijke hersenen behoorde bij dit onderzoek dan ook in circa gelijke testprestaties tussen de mannelijke en de vrouwelijke deelnemers uit te draaien. De uitkomst van dit experiment bevestigde daadwerkelijk deze hypothese.

13 Besluit onderzoeksresultaten

De vooropgestelde hypothesen bij dit experiment konden niet allemaal bevestigd worden. Zo ook niet de hoofdhypothese. Die stelde dat de score van de experimentele groep op test 2, de test in de ochtend, door de auditieve stimulatie, hoger zou liggen dan de testprestatie van de controlegroep voor de acht woorden die aan de stimulatie gebonden waren. Er viel evenwel een stijging op de score van test 2 bij de experimentele groep waar te nemen, maar deze verschilde niet significant van die van de controlegroep.

Deze geringe stijging stemt echter toch hoopvol. Aan de hand van twee aanpassingen in de testcondities bestaat er mogelijk al een veel grotere kans om wel een significant verschil in de score op test 2 tussen de experimentele- en de controlegroep te vinden. De belangrijkste conditie hiervoor vormt ten eerste het ter beschikking hebben van de juiste technische apparatuur. Indien bij elke proefpersoon EEG-metingen gedaan zouden kunnen worden, kunnen heel wat toevalsfactoren uit het onderzoek uitgesloten worden.

Het EEG kan op verschillende manieren iets betekenen binnen dit experiment. Zo kan in de eerste plaats via het EEG, dat dient om de hersenactiviteit tijdens de slaap te meten, het exacte tijdstip waarop de proefpersonen zich in de SWS bevinden, vastgelegd worden. Op die manier grijpt de auditieve stimulatie met zekerheid in dit stadium van de slaap plaats. Het kan in de tweede plaats ook nuttig zijn om tijdens het oefenen van de woordenschat en de test in de ochtend de hersenactiviteit bij te houden. Zo kan het effect van de geluiden op de hersenactiviteit tijdens het oefenen getest worden en, aan de ene kant met het effect van de auditieve stimulatie op de breinactiviteit in de slaap en aan de andere kant met de hersenactiviteit bij het horen van de geluiden tijdens de test in de ochtend, vergeleken worden. Met het uitvoeren van deze verschillende EEG-metingen kan bijvoorbeeld voor de test in de ochtend een vergelijking tussen de breinactiviteit van de experimentele groep en de hersenactiviteit van de controlegroep gemaakt worden. Tevens kan er een vergelijking bij de experimentele groep tussen de hersenactiviteit bij de acht woorden, waarvan de geluiden tijdens de nacht afgespeeld werden, en de hersenactiviteit bij de rest van de woordenschat, gemaakt worden. Hierbij geldt vermoedelijk: hoe hoger de hersenactiviteit, hoe hoger de retentie, hoe hoger de testscore. In de derde en laatste plaats kan aan de hand van het EEG ontwaard worden, wanneer de proefpersonen in de nacht (eventueel) ontwaken. De proefpersonen die 's nachts frequent en langdurig wakker liggen, kunnen dan uit het onderzoek verwijderd worden.

De tweede aanpassing binnen de testconditie bestaat uit een grotere steekproefomvang. Bij een voldoende grote sample kunnen uit de uitkomst van het experiment nauwkeurigere en standvastigere conclusies getrokken worden.

14 Conclusie

Het experiment in deze masterscriptie peilde naar de mogelijkheid om de geheugenconsolidatie voor een selectie van net geleerde Spaanse woorden via auditieve stimulatie tijdens de slaap te versterken. De steekproef telde in totaal 42 proefpersonen: 21 individuen tussen de leeftijd van 18 en 23 jaar en 21 personen binnen de leeftijdscategorie van 45 tot en met 55 jaar. Alle deelnemers hadden een normaal slaappatroon en volgden of hadden een opleiding aan een universiteit of hogeschool gevolgd. Door de veranderingen die zich tijdens het verouderingsproces in de slaap voordoen, zoals een reductie van de hoeveelheid SWS, was het interessant om een vergelijking tussen deze leeftijdsgroepen te maken (Verbraecken 2013).

Op basis van de behaalde resultaten kan een genuanceerd antwoord op de onderzoeksvraag gegeven worden. Deze luidde als volgt: 'Wat is het effect van auditieve stimulatie van de hersenen met betekenisvolle geluiden tijdens de slaap op de consolidatie van net geleerde Spaanse woorden in het geheugen? Is het mogelijk om via auditieve stimulatie van de hersenen met betekenisvolle geluiden tijdens de slaap de consolidatie van net geleerde Spaanse woorden in het geheugen te versterken?'

Na de slaap kon zowel bij de jongere als bij de oudere proefpersonen een stijging van de prestatie, in vergelijking met de test 's avonds, vastgesteld worden. Bij de jongeren was de toename in testscore evenwel iets groter dan bij de ouderen. Hiermee werd nogmaals aangetoond dat de slaap de optimale omstandigheden voor de geheugenconsolidatie biedt. De toename was bij de oudere leeftijdsgroep mogelijk geringer, door enerzijds het voor hen moeizamer verlopende leerproces en anderzijds een algemene vermindering van de hoeveelheid SWS bij volwassenen van middelbare leeftijd. Dit slaapstadium is immers voornamelijk voor de geheugenconsolidatie verantwoordelijk (Rasch 2013).

Daarnaast werd nagegaan of deze stijging op de score van de test na de slaap groter was bij de proefpersonen die blootgesteld waren aan de auditieve stimulatie (de experimentele groep), dan bij de deelnemers die in de slaap niet met de geluiden geconfronteerd waren (de controlegroep). Dit werd ten eerste getoetst voor de algemene testcores, zowel binnen als tussen de leeftijdsgroepen. Ten tweede werd dit ook, zowel binnen als tussen de leeftijdsklassen, voor de testscore op de acht (van de veertig) Spaanse woorden die aan de geluiden gekoppeld waren, afzonderlijk onderzocht. Uit de resultaten bleek er geen significant verschil tussen de algemene scores en evenzeer tussen de scores op de acht woorden op de test 's avonds en de test 's ochtends te bestaan. Tevens was er ook geen significant verschil merkbaar op de testscore in de ochtend tussen de experimentele- en de controlegroep, zowel niet voor hun algemene testscore als voor hun score op de acht woorden. Binnen de experimentele groep kon tot slot geen significant verschil tussen de scores op test 2 van de acht woorden waarvan ze de geluiden gehoord hadden en de acht woorden waarvan ze de geluiden niet gehoord hadden, opgetekend worden. Er kon bijgevolg niet aangetoond worden dat de geheugenconsolidatie van de net geleerde Spaanse woorden via auditieve stimulatie van de hersenen met betekenisvolle geluiden tijdens de slaap versterkt kan worden.

Er konden daarnaast nog een aantal opvallende conclusies uit dit onderzoek getrokken worden. Zo kon er geen significant verschil tussen de testresultaten van de universitair en de testcores van de hogeschoolden opgetekend worden. Dit gaat in tegen de verwachtingen, omdat universitair

door een theoretisch gerichtere aanpak normaliter sneller en efficiënter nieuwe leerstof kunnen verwerken. Een niet-evenredige verdeling binnen de steekproef tussen universitair en hogeschooleden kan deze uitslag echter beïnvloeden. Ten tweede werd vermoed dat de taalvaardigere proefpersonen algemeen hogere testcores zouden behalen. Er konden inderdaad iets betere testprestaties bij de taalvaardigere deelnemers geobserveerd worden. Het verschil in scores was echter kleiner dan gedacht, wat verklaard kan worden doordat het taalniveau van de proefpersonen niet aan de hand van gestandaardiseerde taaltesten bepaald werd. In dit onderzoek gaven de participanten via meerkeuze, gaande van 'zeer goed' tot 'slecht', zelf hun taalniveau voor het Nederlands, het Frans, het Engels en het Duits aan. Hierdoor overschatten of onderschatten een aantal deelnemers mogelijk hun taalcapaciteiten. Tot slot bestond er geen significant verschil tussen de testcores van de mannen en de vrouwen. Dit sluit aan bij de recentere opvatting over een gelijke cognitieve verwerking in het brein op linguïstisch vlak bij mannen en vrouwen (Croft 2004).

Het negatieve antwoord op de onderzoeksvraag valt hoofdzakelijk toe te schrijven aan een grote zwakte van dit experiment: het ontbreken van de nodige technische apparatuur. Wegens het gebrek aan EEG-metingen kon namelijk niet exact bepaald worden wanneer de proefpersonen zich in de SWS bevonden. Hierdoor vond de auditieve stimulatie mogelijk niet tijdens dit slaapstadium plaats, waardoor die geen versterking van de geheugenconsolidatie tot gevolg kon hebben. De SWS is immers onontbeerlijk voor de vastzetting van declaratieve taken, zoals het leren van woordenschat, in het geheugen (Carlson 2010). Ook zorgde de afwezigheid van EEG-metingen ervoor dat niet exact bepaald kon worden of en wanneer de proefpersonen 's nachts ontwaakten. Bij dit experiment dienden de deelnemers wel te melden indien ze (frequent) wakker geworden waren, maar dit kon niet objectief vastgesteld worden.

Toch dient, ondanks de gevonden resultaten, de vooropgestelde probleemstelling genuanceerd beantwoord te worden. Met deze testcondities is er inderdaad geen sprake van een versterking van de geheugenconsolidatie van vreemde woordenschat via auditieve stimulatie. De geringe, niet significante, stijging op de testscore in de ochtend na de slaap en de hypothesen die wel bevestigd konden worden, stemmen echter wel hoopvol.

Zo doen de uitslagen van dit experiment heel wat vragen rijzen over mogelijk verder onderzoek met betrekking tot het concept 'slapend leren'. Zo kunnen onder meer de volgende vragen gesteld worden: 'Zou het opleidingsniveau van de deelnemers wel een rol spelen wanneer er een evenredige verdeling tussen het aantal universitair en het aantal hogeschooleden is?' 'Leidt de afname van gestandaardiseerde taaltesten, om het exacte taalniveau van de deelnemers te bepalen, tot een significantere invloed van de taalvaardigheid op de gemiddelde testcore of net tot een minder significante invloed?' 'Zouden de resultaten anders zijn, wanneer dit experiment bij andere doelgroepen uitgevoerd wordt?' 'Zou de auditieve stimulatie wel een significante invloed op de testprestatie in de ochtend na de slaap uitoefenen, op voorwaarde dat door middel van het EEG de geluiden exact tijdens de SWS afgespeeld kunnen worden?'

Vooraf deze laatste vraag spreekt tot de verbeelding. Het leren van een nieuwe taal enkel via een audiocursus in de slaap zal hoogstwaarschijnlijk voor altijd een 'fantastisch' scenario uit de films blijven. De versterking van recent geleerde woordenschat via betekenisvolle stimulatie in de slaap zou daarentegen wel eens heel wat mogelijkheden kunnen bieden. Mits het beschikken over de

juiste apparatuur is er een reële kans dat het versterken van een net geleerde taal via gerichte stimulatie tijdens de slaap echt werkt. Op die manier kan de stimulatie doelgericht tijdens de SWS plaatsvinden. Uit de resultaten van voorgaande studies bleek bovendien dat het effect van de stimulatie vaak enkel zichtbaar was op de gemiddelde prestatie van grote groepen, maar nauwelijks op individuele prestaties (Rijnvis 2013). Het uitvoeren van gelijkaardige experimenten bij een grotere steekproef, leidt dus mogelijk tot een duidelijkere invloed van de stimulatie op de gemiddelde prestatie van de groep en op de individuele scores. Daarnaast levert een eenmalige stimulatie waarschijnlijk slechts een erg beperkt effect op. Wanneer die echter systematisch zou gebeuren, wordt het gewin wellicht groter (Paller 2012).

Bij een verdere bestudering van de verwerkingsprocessen in de slaap en de techniek van de slaapmanipulatie kunnen hiervoor in de toekomst allicht praktische toepassingen ontwikkeld worden en dit zeker niet alleen voor taal! Wie weet wat er door middel van slaapmanipulatie dan nog allemaal tot de 'toepassingsmogelijkheden' behoort!

15 Referenties

- Anyaso, H. 2012. 'Learn That Tune In Your Sleep'. *Northwestern University*. <http://www.northwestern.edu/newscenter/stories/2012/06/memories-reactivated-in-sleep.html> (18 april 2014).
- Arends, E. 2012. 'Slapend leren'. In: *EOS magazine*, 10: 50-52.
- Arzi, A. e.a. 2012. 'Humans can learn new information during sleep'. In: *Nature Neuroscience*, volume 15, n. 10: 1460-1467.
- Billens S. & Rommelaere, S. 2012. *Duizend-en-één-nachten: slapend leren*. Vrije Universiteit Brussel (ongepubliceerde paper voor 'Nederlandse Taalkunde II').
- Billens, S. 2014. *Las Mil y Una Noches. Slapend leren: een literatuurstudie over de versterking van de geheugenconsolidatie van net geleerde Spaanse woorden via auditieve stimulatie in de slaap*. Ongepubliceerde bachelorproef. Vrije Universiteit Brussel, Faculteit der Letteren en Wijsbegeerte.
- Born, J. & Wilhelm, I. 2012. 'System consolidation of memory during sleep'. In: *Psychological Research*, 76: 192-203.
- Carlson, N. 2010. *Physiology of behavior: Pearson International Edition*. Boston: Allyn & Bacon.
- Carrier, J. e.a. 2011. 'Slow-wave sleep during the middle years of life'. In: *European Journal of Neuroscience*, 33: 758-766.
- Croft, W. & Cruse, D. 2004. *Cognitive Linguistics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dekeyser, R. 2003. 'Implicit and Explicit Learning'. In: *The Handbook of Second Language Acquisition* (red. C.J. Doughty). Oxford: Blackwell Publishing Ltd: 313-348.
- Dewil, M. 2009. 'Waarom slapen wij?'. *Karakter: Tijdschrift van Wetenschap*. <http://www.tijdschriftkarakter.be/waarom-slapen-wij/> (18 april 2014).
- Dijk, D. e.a. 2010. 'Age-related reduction in daytime sleep propensity and nocturnal slow-wave sleep'. In: *Sleep*, volume 33, n. 2: 211-223.
- Empson, J. 2002. *Sleep & Dreaming: third edition*. Bristol: Palgrave.
- Fagioli, I. 2002. 'Mental activity during sleep'. In: *Sleep Medicine*, volume 6, n. 4: 307-320.
- Fitzgerald, M. e.a. 2012. *Clinical Neuroanatomy and Neuroscience: sixth edition*. Elsevier Saunders.

- Fogel, S. e.a. 2007. 'Dissociable learning-dependent changes in REM and NREM-sleep in declarative and procedural memory systems'. In: *Behavioural Brain Research*, 180: 48-61.
- Fogel, S. e.a. 2012. 'NREM-sleep oscillations and brain plasticity in aging'. In: *Frontiers in Neurology*, volume 3, n. 176: 1-7.
- Gais, S. & Born, J. 2004. 'Declarative memory consolidation: Mechanisms acting during human sleep'. In: *Learning Memory*, 11: 679-685.
- Gais, S. e.a. 2006. 'Sleep after learning aids memory recall'. In: *Learning Memory*, 13: 259-262.
- Gluck, M. & Myers, C. 2001. *Gateway to memory*. Massachusetts: Institute of Technology.
- Harrand, C. e.a. 2012. 'How aging affects sleep-dependent memory consolidation'. In: *Frontiers in Neurology*.
- Hartmann, E. 1973. *The Functions of Sleep*. New Haven/Londen: Yale University Press.
- Hobson, J. 2003. *Dreaming: An introduction to the science of sleep*. Oxford: University Press.
- Hulstijn, J. 2005. 'Theoretical and Empirical Issues in the Study of Implicit and Explicit Second-language Learning'. In: *Studies in Second Language Acquisition*, 27: 129-140.
- Keleman, E. & Born, J. 2012. 'Sleep tight, wake up bright'. In: *Nature Neuroscience*, volume 15, n. 10: 1327-1329.
- Luppi, P. 2005. *Sleep: circuits and functions*. Londen: CRC Press.
- Maquet, P. e.a. 2003. *Sleep and brain plasticity*. Oxford: University Press.
- Martini, F. & Bartholomew, E. 2012. *Anatomie en fysiologie: Een inleiding (vijfde editie)*. Benelux: Pearson.
- Mönks, F. & Knoers, A. 2009. *Ontwikkelingspsychologie*. Assen: Van Gorcum.
- Paller, K. & Voss, J. 2004. 'Memory reactivation and consolidation during sleep'. In: *Learning Memory*, 11: 664-670.
- Paller, K. e.a. 2012. 'Cued memory reactivation during sleep influences skill learning'. In: *Nature Neuroscience*, 15: 1114-1116.
- Payne, J. 2011. 'Sleep on it!: stabilizing and transforming memories during sleep'. In: *Nature Neuroscience*, volume 14, n. 3: 272-274.

- Rasch, B. & Born, J. 2013. 'About sleep's role in memory'. In: *Physiology Review*, 93: 681-766.
- Rauchs, G. e.a. 2011. 'Sleep contributes to the strengthening of some memories over others depending on hippocampal activity at learning'. In: *The Journal of Neuroscience*, 7: 2563-2568.
- Reber, A. e.a. 1999. 'Implicit versus Explicit Learning'. In: *The Nature of Cognition* (red. R.J. Sternberg). Cambridge: MIT Press: 475-512.
- Rial, R. e.a. 2007. 'The trivial function of sleep'. In: *Sleep Medicine*, 11: 311-325.
- Rijnvis, D. 2013. 'Slapen slim'. *Volkskrant.nl*.
<http://www.volkskrant.nl/vk/nl/2844/Archief/archief/article/detail/3482495/2013/07/27/Slapend-slim.dhtml> (30 april 2014).
- Rommelaere, S. 2014. *Appendix: Las Mil y Una Noches. Uitgebreide literatuurstudie. Slapend leren: een experiment naar de versterking van de geheugenconsolidatie van net geleerde Spaanse woorden via auditieve stimulatie in de slaap*. Ongepubliceerde masterscriptie. Vrije Universiteit Brussel, Faculteit der Letteren en Wijsbegeerte.
- Saey, T. 2009. 'The why of sleep'. In: *Science News*, volume 176, n. 9: 16-23.
- Schmidt, C. e.a. 2012. 'Age related changes in sleep and circadian rhythms'. In: *Frontiers in Neurology*, volume 3, n. 18: 1-11.
- Stickgold, R. & Walker, M. 2005. 'Memory consolidation and reconsolidation: what is the role of sleep?'. In: *TRENDS in Neuroscience*, 28: 408-415.
- Ullman, M. 2004. 'Contributions of memory circuits to language: the declarative/procedural model'. In: *Cognition*, 92: 231-270.
- Van de Craen, P. 2007. *Mensentaal: een inleiding tot de algemene taalwetenschap*. Brussel: VUBPRESS.
- Van Dongen, E. 2013. 'Sleeping to Remember: On the neural and behavioral mechanisms of sleep-dependent memory consolidation'. Proefschrift Radboud Universiteit Nijmegen: 1-189.
- Verbraecken, J. e.a. 2013. *Leerboek: Slaap en slaapstoornissen*. Leuven: Acco.
- Vingerhoets, G. 2000. 'Neurocognitieve verschillen tussen man en vrouw'. In: *Tijdschrift voor Geneeskunde*, volume 56, n. 13: 985-994.
- Walker, M. 2009. 'The Role of SWS in Memory Processing'. In: *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 5: 20-26.
- Wilson, M. 2002. 'Hippocampal Memory Formation, Plasticity, and the Role of Sleep'. In: *Neurobiology of Learning and Memory*, 78: 565-569.

16 Bijlagen

16.1 Spaanse woordenschat

Van de woorden die in het grijs omkaderd zijn, werden in de nacht de geluiden afgespeeld.

16.1.1 Kamer 1: de slaapkamer

De slaapkamer	El dormitorio
De deur	La puerta
Het vensterluik	La contraventana
Het gordijn	La cortina
Het rolluik	La persiana
Het nachtkastje	La mesilla de noche
Het bed	La cama
De kleerkast	El ropero
De wekker	El despertador
De televisie	El televisor

16.1.2 Kamer 2: de badkamer

De badkamer	El cuarto de baño
Het bad	El baño
Het toilet	El aseo
De douche	La ducha
De mat	La estera
De wasknijper	La pinza
De spiegel	El espejo
Het strijkijzer	La plancha
Schrobben	Fregar
De kapstok	La percha

16.1.3 Kamer 3: de keuken

De keuken	La cocina
Het groot raam	La vidriera
De voorraadkast	La despensa
De wijnkelder	La bodega
De stoel	La silla
Het bestek	El cubierto
De stofzuiger	El aspirador
Het gasfornuis	La cocina a gas
De broodrooster	El tostador
De friteuse	La freidora

16.1.4 Kamer 4: de tuin

De tuin	El jardín
De vogel	El pájaro
De boom	El árbol
De bloemenvaas	El florero
De grasmaaier	El cortacésped
De hond	El perro
De wind	El viento
De regen	La lluvia
De auto	El coche
De sleutel	La llave

16.2 Vragenlijsten

16.2.1 Vragenlijst leeftijdsgroep 18 tot en met 23 jaar

PERSOONLIJKE GEGEVENS

Naam	
Voornaam	
Adres	
Geboortedatum	

SCHOOLGEGEVENS

Studie secundair onderwijs	
Instituut secundair onderwijs	
Jaar afstuderen secundair onderwijs	
Studie hoger onderwijs	
Universiteit/hogeschool hoger onderwijs	

HANDTEKENING + DATUM

Datum	
Handtekening	

TALENKENNIS

	Nederlands	Frans	Engels	Duits	Andere ...
Luisteren	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht
Lezen	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht
Spreeken	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht
Schrijven	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht

EVENTUELE OPMERKINGEN

16.2.2 Vragenlijst leeftijdsgroep 45 tot en met 55 jaar

PERSOONLIJKE GEGEVENS

Naam	
Voornaam	
Adres	
Geboortedatum	

SCHOOLGEGEVENS

Studie secundair onderwijs	
Instituut secundair onderwijs	
Jaar afstuderen secundair onderwijs	
Studie hoger onderwijs	
Universiteit/hogeschool hoger onderwijs	
Jaar afstuderen hoger onderwijs	

WERKGEGEVENS

Waar werken?	
Hoe lang al werken?	

HANDTEKENING + DATUM

Datum	
Handtekening	

TALENKENNIS

	Nederlands	Frans	Engels	Duits	Andere ...
Luisteren	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht
Lezen	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht
Spreeken	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht
Schrijven	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht	<input type="radio"/> Zeer goed <input type="radio"/> Goed <input type="radio"/> Matig <input type="radio"/> Zwak <input type="radio"/> Slecht

EVENTUELE OPMERKINGEN

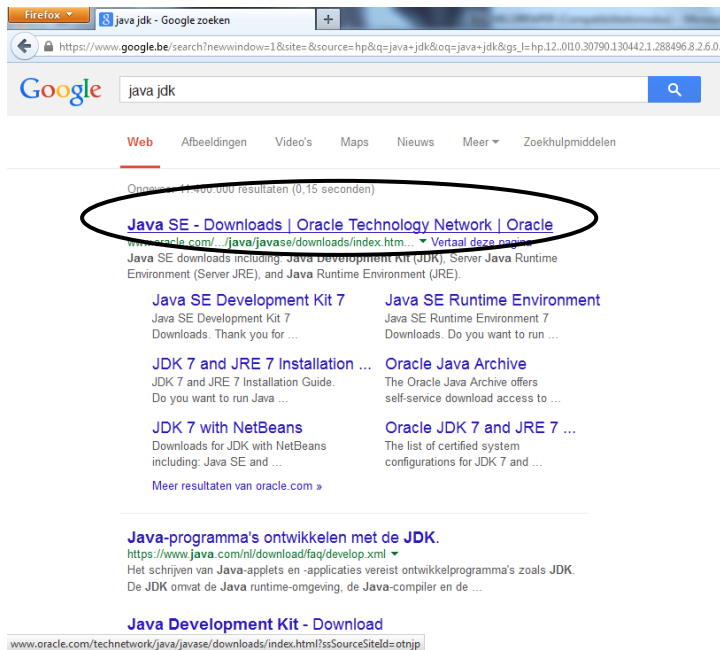
--

16.3 Stappenplan computerprogramma

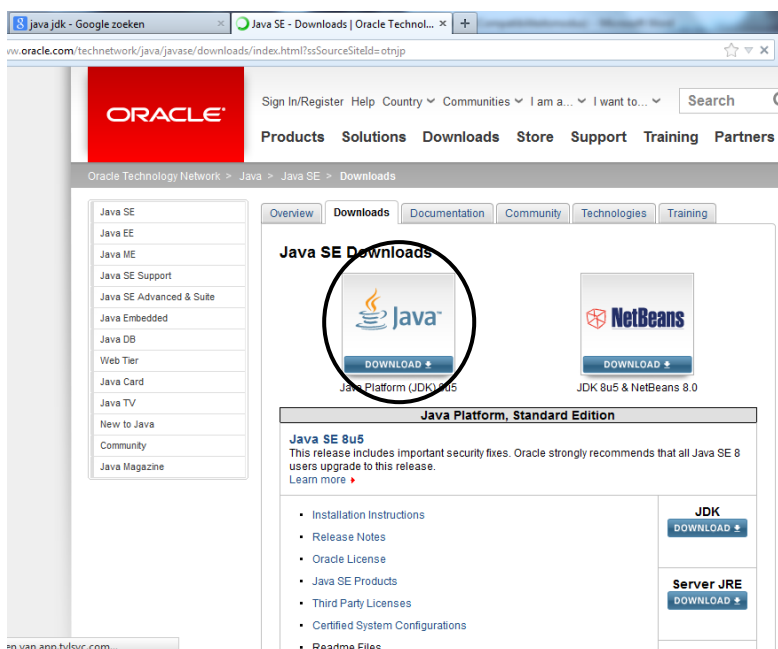
16.3.1 Downloaden 'Java JDK'

Om het computerprogramma op de computer af te spelen, dient er eenmalig 'Java JDK' gedownload te worden. Dit doet u als volgt:

1. Open de webbrowser en ga naar <http://www.google.be>.
2. Als zoekopdracht geeft u 'java jdk' in en opent u de eerste link.



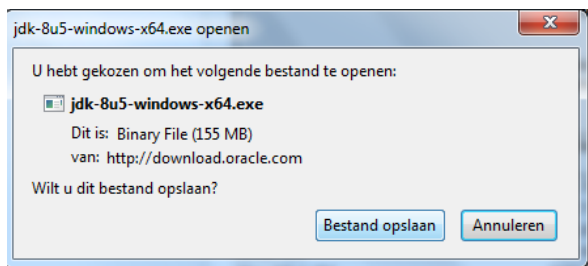
3. Klik op 'Java Platform (JDK) 8u5'.



- Duid 'Accept License Agreement' aan, kies het juiste product (meestal 'windows x64') en klik op de hierbij vermelde link onder 'Download'.

Java SE Development Kit 8u5		
You must accept the Oracle Binary Code License Agreement for Java SE to download this software.		
<input checked="" type="radio"/> Accept License Agreement <input type="radio"/> Decline License Agreement		
Product / File Description	File Size	Download
Linux x86	133.58 MB	jdk-8u5-linux-i586.rpm
Linux x86	152.5 MB	jdk-8u5-linux-i586.tar.gz
Linux x64	133.87 MB	jdk-8u5-linux-x64.rpm
Linux x64	151.64 MB	jdk-8u5-linux-x64.tar.gz
Mac OS X x64	207.79 MB	jdk-8u5-macosx-x64.dmg
Solaris SPARC 64-bit (SVR4 package)	135.68 MB	jdk-8u5-solaris-sparcv9.tar.Z
Solaris SPARC 64-bit	95.54 MB	jdk-8u5-solaris-sparcv9.tar.gz
Solaris x64 (SVR4 package)	135.9 MB	jdk-8u5-solaris-x64.tar.Z
Solaris x64	93.19 MB	jdk-8u5-solaris-x64.tar.gz
Windows x86	151.71 MB	jdk-8u5-windows-i586.exe
Windows x64	155.18 MB	jdk-8u5-windows-x64.exe

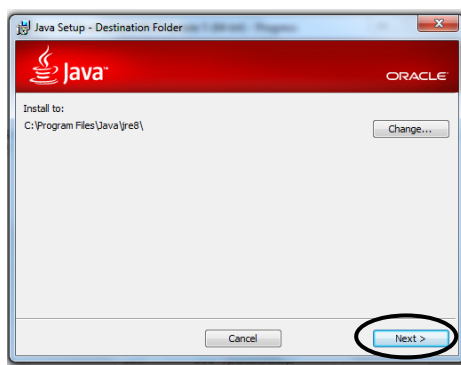
- Het downloaden zal hoogstwaarschijnlijk vanzelf starten. Indien niet, klik op 'bestand opslaan' om de download te starten.



- Als het downloaden voltooid is, klikt u op downloaden voltooid en zal u het programma moeten 'toestaan' of 'doorgaan' aanduiden om aan te geven dat u het programma vertrouwt. Nadien verkrijgt u dit scherm. Klik op 'Next' en doe dit nogmaals bij het volgende scherm.



- Na een paar seconden verkrijgt u dit scherm. Klik wederom op 'Next'.



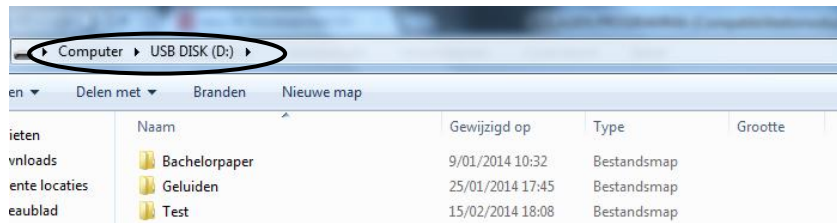
- Het downloaden zal vanzelf hervatten. Als deze compleet is, verschijnt dit scherm.

- Klik op 'Close'.

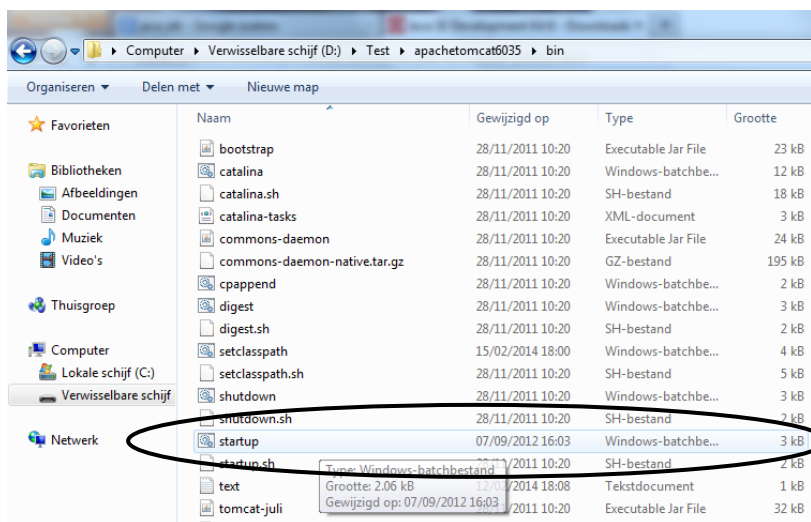


16.3.2 Openen oefeningen

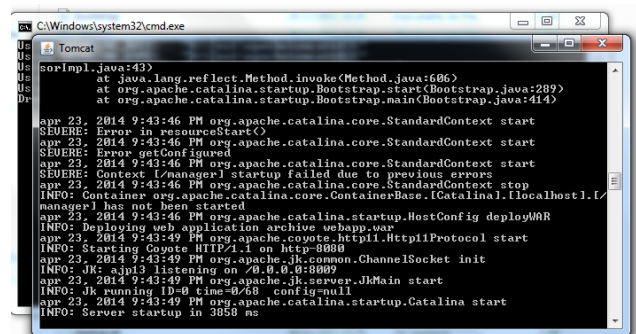
1. Steek de USB in uw PC/Laptop en zoek deze op via 'Computer'.



2. Open de map 'Computerprogramma'.
3. Open de map 'apachetomcat6035'.
4. Open de map 'bin'.
5. Klik op 'startup' (het 'windows-batchbestand')



6. Er zullen twee 'zwarte' schermen openen. Ofwel zullen deze beide vanzelf openen ofwel zal u in het eerste scherm eens op 'enter' moeten duwen.



7. Open de webbrowser en geef <http://localhost:8080/webapp/start.jsp> in
8. U verkrijgt deze pagina. Dit is de startpagina van het computerprogramma. Na het voltooien van alle oefeningen kan de eerste test gemaakt worden.



9. Wanneer u op de USB terugkeert naar de map 'bin', vindt u nu een Excelbestand op uw naam terug. Daar kunt u de snelheden vinden waarmee u de oefeningen voltooid hebt, alsook op het einde van het document uw testantwoorden. De testscore dient manueel berekend te worden.

7. Open de webbrowser en geef <http://localhost:8080/webapp/testochtend.jsp> in.



8. Na het invullen van de test keert u terug naar de map 'bin'. Daar vindt u een Excelbestand van de door u ingevulde antwoorden op de test terug. De testscore dient manueel berekend te worden.

7. Open de webbrowser en geef <http://localhost:8080/webapp/testweeklater.jsp> in



8. Na het invullen van de test keert u terug naar de map 'bin'. Daar vindt u een Excelbestand van de door u ingevulde antwoorden op de test terug. De testscore dient manueel berekend te worden.

16.4 SPSS

16.4.1 Algemene scores slaaponderzoek⁷

Naam	Leeftijdsklasse	Geslacht	Opleiding	Geluiden
K.C.	0	0	0	1
J.B.	0	0	1	1
N.D.R.	0	0	0	0
W.B.	0	0	0	0
D.V.V.	0	0	0	1
S.C.	0	0	0	1
J.Bi.	0	0	1	1
P.D.B.	0	0	1	1
M.S.	0	1	0	0
L.R.	0	1	0	0
E.V.	0	1	0	1
C.V.	0	1	0	1
S.V.	0	1	0	0
S.Ch.	0	1	0	0
A.F.	0	1	0	0
G.B.	0	1	0	0
T.C.	0	1	0	0
T.Ch.	0	1	0	1
M.P.	0	1	0	1
M.Sw.	0	1	1	1
A.S.	0	1	1	1
J.C.	1	0	0	0
J.D.	1	0	0	0
G.R.	1	0	0	1
G.P.	1	0	0	1
F.V.V.	1	0	0	0
E.B.	1	0	0	1
C.R.	1	0	0	1
R.B.	1	0	0	1
G.S.	1	0	1	1
S.V.M.	1	1	0	0
L.V.D.M.	1	1	0	0
G.D.R.	1	1	0	1
K.S.	1	1	1	1
E.V.H.	1	1	0	0
S.S.	1	1	0	0
B.R.	1	1	0	0
L.B.	1	1	0	0
R.D.H.	1	1	0	1
B.D.K.	1	1	0	1
J.De.	1	1	0	1
C.B.	1	1	0	1

⁷ Waarden variabelen: - Leeftijd: 0= jong, 1= oud
 - Geslacht: 0= man, 1= vrouw
 - Opleiding: 0= hoger onderwijs, 1= universiteit
 - Geluiden: 0= niet gehoord, 1= gehoord
 - Talenkennis: 1= slecht, 2= zwak, 3= matig, 4= goed, 5= zeer goed

NederlandsL	FransL	EngelsL	DuitsL	NederlandsLe	FransLe	EngelsLe
5	3	5	1	3	2	4
5	4	3	2	5	3	3
3	3	3	3	4	3	4
5	4	5	1	5	4	5
4	5	4	1	4	4	4
5	4	5	3	5	5	5
5	3	4	3	5	3	4
5	5	5	4	5	5	5
4	1	4	1	4	1	4
4	3	4	1	5	3	3
5	3	4	1	5	3	4
5	3	4	1	4	3	4
5	3	5	1	4	3	4
4	3	4	2	4	3	4
5	3	3	1	5	3	4
5	3	5	2	5	4	5
5	4	5	2	5	3	5
5	3	4	1	5	3	4
5	4	4	3	5	3	4
5	3	4	2	4	3	4
5	4	5	3	5	4	5
4	1	1	1	4	1	1
4	4	3	1	4	4	3
4	2	2	3	5	2	2
5	3	4	1	5	2	3
4	4	3	2	4	4	3
4	4	4	2	4	4	4
5	5	4	3	5	4	4
4	4	4	3	4	4	4
5	5	5	4	5	5	5
5	2	1	1	5	2	1
4	3	2	1	4	4	2
4	4	3	1	5	3	3
5	4	4	1	5	3	4
5	4	4	1	5	3	4
4	4	3	3	4	4	4
4	4	3	2	5	4	4
5	4	4	2	5	4	4
5	4	4	1	5	4	4
4	4	4	4	5	4	4
4	4	4	2	5	5	5
5	5	5	3	5	5	5

DuitsLe	NederlandsSpr	FransSpr	EngelsSpr	DuitsSpr	NederlandsSchr
1	5	2	4	1	3
2	5	2	2	1	5
3	4	4	4	4	4
1	5	3	5	1	5
1	4	3	4	1	4
1	5	4	5	1	5
3	4	3	3	3	5
4	5	5	5	3	5
1	4	1	4	1	4
1	5	3	3	1	5
1	5	3	2	1	4
1	5	2	3	1	4
1	5	3	4	1	4
2	4	2	4	2	4
1	5	3	3	1	5
2	5	3	4	1	5
1	5	3	4	2	5
1	5	2	3	1	5
3	5	3	4	3	4
2	5	3	4	1	3
3	5	3	4	2	5
1	4	1	1	1	3
2	4	3	3	1	3
2	5	1	1	2	4
1	5	2	3	1	4
2	4	4	3	1	4
3	4	3	4	2	4
3	5	4	4	1	4
3	4	4	3	3	4
4	5	4	4	2	5
1	5	3	1	1	5
1	4	4	2	1	4
1	5	3	3	1	4
1	5	2	3	2	4
1	5	3	3	1	4
3	4	3	3	2	4
3	5	3	3	2	5
2	5	4	3	2	4
1	5	3	4	1	5
3	4	4	4	2	5
3	5	5	4	2	4
4	5	5	5	3	5

FransSchr	EngelsSchr	DuitsSchr	Test1	Test2	Test3
2	4	1	7,25	9,25	8,5
2	3	1	11,75	14,5	15
4	4	4	13	15	15,5
3	5	1	11,25	11,5	13,25
3	4	1	5,25	6,5	6,75
4	5	1	13,75	15,5	12,75
4	4	4	15,75	15	13,5
4	5	3	3,75	3,75	7,25
1	3	1	11,25	11,25	9,75
3	3	1	5,5	5,75	7
1	3	1	8	8	6,75
3	3	1	10,5	11,25	9,75
2	3	1	7,5	8,5	9
3	3	2	12,75	13,5	13,75
4	4	1	6,75	7,5	8,25
4	5	1	15	15,25	15,25
4	5	1	8,5	9,75	10,25
3	4	1	14,5	13,5	14,75
2	3	3	12,5	14,5	15
2	4	1	11,5	14	12
2	4	1	10,75	10,75	9,25
1	1	1	3,25	3	3,75
3	2	1	4,5	4,25	5,5
1	1	1	0,25	2,5	5,25
2	3	1	2,5	4,5	2,75
3	3	1	11	9,5	10,75
3	4	2	10,5	11,75	7,5
2	2	1	5,75	5,5	4,5
4	3	3	11,25	12,5	14,75
4	4	1	11	12,75	14
2	1	1	1,75	1,5	0,75
3	2	1	7,25	9,5	10,75
2	2	1	1,25	3,75	4,75
1	2	1	11,5	8,25	9,75
2	3	1	3,75	8,75	9,25
3	3	2	6,75	7	4,25
4	4	3	12,25	11,75	11,25
3	3	2	2	2,5	3
3	4	1	2,5	2	6
4	4	2	12,25	9,25	11,5
4	4	1	6,75	8	7
4	5	3	5,25	5	7,5

Gemiddeldetestscore	Talenkennis	Frans	Snelheid1	Snelheid2
8,33	3	9	1682	1974
13,75	3	11	1126	901
14,5	4	14	767	479
12	4	14	998	1038
6,17	4	15	989	996
14	4	17	1289	1174
14,75	4	13	796	578
4,92	5	19	786	1087
10,75	3	4	943	1054
6,08	3	12	1806	1345
7,58	3	10	1508	1564
10,5	3	11	1154	872
8,33	4	11	1077	1441
13,33	4	11	1269	1473
7,5	4	13	1237	1198
15,17	4	14	1016	1156
9,5	4	14	2001	1678
14,25	4	11	1107	1316
14	4	12	1110	1388
12,5	4	11	1311	1614
10,25	4	13	1072	815
3,33	2	4	2522	1108
4,75	3	14	1291	2312
2,67	3	6	2981	1135
3,25	3	9	1560	836
10,42	4	15	1685	1780
9,92	4	14	1905	1346
5,25	4	15	1699	2156
12,83	4	16	2146	2528
12,58	5	18	1342	1139
1,33	3	9	1397	788
9,17	3	14	2635	1857
3,25	3	12	1804	1006
9,83	3	10	1749	1063
7,25	4	12	2466	2977
6	4	14	1311	1199
11,75	4	15	2215	1747
2,5	4	15	1963	1233
3,5	4	14	2050	1115
11	4	16	1838	2420
7,25	4	18	1420	1678
5,92	5	19	1582	1169

Snelheid3	Snelheid4	Totaalsnelheid	Werk
735	905	5296	
353	310	2690	
330	280	1856	
506	427	2969	
587	327	2899	
522	597	3582	
379	399	2152	
635	567	3075	
648	501	3146	
404	717	4272	
642	809	4523	
809	492	3327	
654	688	3860	
639	564	3945	
468	667	3570	
368	420	2960	
607	654	4940	
814	908	4145	
643	680	3821	
680	632	4237	
406	406	2699	
688	522	4840	33
1871	1267	6741	23
451	346	4913	22
419	495	3310	32
1115	1020	5600	36
1103	934	5288	25
895	785	5535	28
1432	1031	7137	30
527	710	3718	23
376	427	2988	24
1036	943	6471	32
453	545	3808	25
578	583	3973	24
1559	1209	8211	31
578	511	3599	29
842	715	5519	31
1077	648	4921	31
769	602	4536	30
704	775	5737	25
595	541	4234	23
658	635	4044	33

16.4.2 Scores acht woorden⁸

Naam	Leeftijdsklasse	Geluid	Test1G	Test2G	Test3G	Test 2NG
A.S.	0	0	4,25	4	4,5	
G.B.	0	0	7	7,25	7,25	
L.R.	0	0	3,25	3,25	3	
M.S.	0	0	6	6,25	4,5	
N.D.R.	0	0	6	7,5	7,5	
S.V.	0	0	3,5	4,75	3,5	
S.Ch.	0	0	5	6,75	6	
T.C.	0	0	4,5	4,75	5	
W.B.	0	0	5,75	5,5	7,25	
B.R.	1	0	5,75	6,25	6,25	
E.V.H.	1	0	0,75	3	3,5	
F.V.V.	1	0	5	4,5	5,25	
J.D.	1	0	1,5	2	1,25	
J.C.	1	0	1,25	1,25	2	
L.B.	1	0	0,75	1,25	1,75	
L.V.D.M.	1	0	3,5	4,5	4,5	
S.V.M.	1	0	0,5	0,5	0	
S.S.	1	0	3,25	3	1,5	
A.S.	0	1	5	5,25	5	5.75
C.V.	0	1	5	5,75	4,5	5.5
D.V.V.	0	1	2	2	2	4.5
E.V.	0	1	3,75	4,5	2,5	3.5
J.Bi.	0	1	7,75	7	7,25	8.0
J.B.	0	1	7	6,75	7	7.75
K.C.	0	1	3,25	3	2,75	6.25
M.Sw.	0	1	5	7,25	7,25	6.75
M.P.	0	1	6	7,5	7,75	7.0
P.D.W.	0	1	2,5	1,5	3	2.5
S.C.	0	1	7,75	7,75	6,75	7.75
T.Ch.	0	1	7	6	7,75	7.5
B.D.K.	1	1	6	3,5	4,25	5.0
C.R.	1	1	2	2	1,25	3.5
C.B.	1	1	3	2	3,5	3.0
E.B.	1	1	4,5	6	3,5	6.25
G.S.	1	1	5,5	6,75	6	6.0
G.D.R.	1	1	0,25	2,5	1,75	1.25
G.R.	1	1	0	0,25	1,25	2.25
G.P.	1	1	0	0	0,5	4.5
J.Dec.	1	1	3,25	5	4,5	3.0
K.S.	1	1	6,5	5,75	5,5	2.5
R.D.H.	1	1	1,25	0,25	2,25	1.75
R.B.	1	1	5,25	5,25	7,25	7.25

⁸ Waarden variabelen:

- Leeftijd: 0= jong, 1= oud
- Geluid: 0= niet gehoord, 1= gehoord
- TestenG: score op 8, voor de woorden die aan de geluiden gekoppeld zijn
- Test 2NG: score op 8 bij de experimentele groep van de acht woorden waarvan ze de geluiden niet gehoord hebben

16.5 Statistische output

16.5.1 Hypothese 1: de jongeren scoren algemeen hoger dan de volwassenen van middelbare leeftijd

16.5.1.1 Voorwaarde homoscedasticiteit

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Test1	1,352	1	40	,252
Test2	,292	1	40	,592
Test3	,478	1	40	,493

Variabelen voldoen aan de voorwaarde van homoscedasticiteit indien de varianties gelijk zijn.

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Om de One Way ANOVA test te mogen uitvoeren, wordt dus een aanvaarding van de nulhypothese nagestreefd. Daartoe dient de p-waarde $> .05$ te zijn. Deze kan in de kolom 'Sig.' afgelezen worden. Bij deze hypothese voldeden alle testen aan de voorwaarde van homoscedasticiteit, want de p-waarde $> .05$.

16.5.1.2 Voorwaarde normaliteit

Leeftijdsklasse = 18-23

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Test1	Test2	Test3
N		21	21	21
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	10,3214	11,1667	11,1071
	Std. Deviation	3,42613	3,52609	3,14501
	Absolute	,140	,175	,143
Most Extreme Differences	Positive	,084	,110	,143
	Negative	-,140	-,175	-,133
Kolmogorov-Smirnov Z		,641	,800	,656
Asymp. Sig. (2-tailed)		,806	,545	,783
Exact Sig. (2-tailed)		,755	,491	,731
Point Probability		,000	,000	,000

a. Leeftijdsklasse = 18-23

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

De voorwaarde van normaliteit houdt in dat de variabelen normaal verdeeld moeten zijn. Om na te gaan of er sprake is van een normaalverdeling dient de 'One Sample Kolmogorov-Smirnov Test' uitgevoerd te worden.

H₀: normaal verdeeld

H₁: niet normaal verdeeld

Er wordt dus een aanvaarding van de nulhypothese nagestreefd, waardoor de p-waarde > .05 moet zijn. Aangezien de normaliteit exact significant moet zijn om de One Way ANOVA test te mogen uitvoeren, behoort de p-waarde binnen de kolom 'Exact Sig. (2-tailed)' groter te zijn dan .05. Dit is voor de leeftijdsgroep van 18 tot en met 23 jaar voor de drie testen ruimschoots het geval. Aan de voorwaarde van normaliteit werd dus mooi voldaan.

Leeftijdsklasse = 45-55

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Test1	Test2	Test3
N		21	21	21
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	6,3452	6,8333	7,3571
	Std. Deviation	4,09914	3,69741	3,83941
	Absolute	,178	,119	,114
Most Extreme Differences	Positive	,118	,119	,114
	Negative	-,178	-,100	-,097
Kolmogorov-Smirnov Z		,815	,543	,524
Asymp. Sig. (2-tailed)		,519	,929	,947
Exact Sig. (2-tailed)		,466	,896	,918
Point Probability		,000	,000	,000

a. Leeftijdsklasse = 45-55

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

16.5.1.3 One Way ANOVA test

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	
					Lower Bound	Upper Bound			
Test1	18-23	21	10,3214	3,42613	,74764	8,7619	11,8810	3,75	15,75
	45-55	21	6,3452	4,09914	,89451	4,4793	8,2111	,25	12,25
	Total	42	8,3333	4,23929	,65414	7,0123	9,6544	,25	15,75
Test2	18-23	21	11,1667	3,52609	,76946	9,5616	12,7717	3,75	15,50
	45-55	21	6,8333	3,69741	,80684	5,1503	8,5164	1,50	12,75
	Total	42	9,0000	4,18840	,64628	7,6948	10,3052	1,50	15,50
Test3	18-23	21	11,1071	3,14501	,68630	9,6756	12,5387	6,75	15,50
	45-55	21	7,3571	3,83941	,83783	5,6095	9,1048	,75	14,75
	Total	42	9,2321	3,95184	,60978	8,0007	10,4636	,75	15,50

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	166,006	1	166,006	11,633	,001
Test1 Within Groups	570,827	40	14,271		
Total	736,833	41			
Between Groups	197,167	1	197,167	15,106	,000
Test2 Within Groups	522,083	40	13,052		
Total	719,250	41			
Between Groups	147,656	1	147,656	11,989	,001
Test3 Within Groups	492,643	40	12,316		
Total	640,299	41			

df: vrijheidsgraad

F: F-waarde

Sig.: p-waarde

Er werd aan alle voorwaarden voldaan, waardoor de One-Way ANOVA test uitgevoerd mocht worden.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H_1 : minstens één van de gemiddeldes is niet gelijk aan de andere

De nulhypothese diende verworpen te worden, dus moest de p-waarde $< .05$. Dit kon bij de drie testen waargenomen worden. In de kolom 'Sig.' was de p-waarde immers steeds $< .05$. Daardoor kon er een significant verschil tussen de testcores van de jongeren en de testcores van de ouderen opgetekend worden.

16.5.2 Hypothese 2: na de slaap scoren alle leeftijdscategorieën hoger

16.5.2.1 Toepassingsvoorwaarde normaliteit

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Test1	Test2
N		42	42
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	8,3333	9,0000
	Std. Deviation	4,23929	4,18840
Most Extreme Differences	Absolute	,172	,085
	Positive	,074	,073
	Negative	-,172	-,085
Kolmogorov-Smirnov Z		1,112	,553
Asymp. Sig. (2-tailed)		,169	,919
Exact Sig. (2-tailed)		,150	,894
Point Probability		,000	,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

16.5.2.2 Paired Samples T-test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Test1	8,3333	42	4,23929	,65414
	Test2	9,0000	42	4,18840	,64628

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Test1 & Test2	42	,936	,000

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	Test1 - Test2	-,66667	1,51282	,23343	-1,13809	-,19524	-2,856	41	,007

Via deze hypothese werd getoetst of de gemiddelde score op test 2, de test in de ochtend na de slaap, hoger lag dan de gemiddelde score op test 1, de test in de avond na het leren.

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 \geq 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 < 0$$

Hierbij werd een verwerping van de nulhypothese nagestreefd, omdat het verschil in gemiddelde score tussen test 1 en test 2 niet gelijk mocht zijn aan nul. Om een verwerping van de nulhypothese te verkrijgen, diende de p-waarde $< .05$ te zijn. De waarde in de kolom 'Sig. (2-tailed)' mocht echter niet onmiddellijk als de p-waarde geïnterpreteerd worden. Aangezien $H_1: \mu_d < 0$ en $t < 0$, moest 'Sig. (2-tailed)/2' gebruikt worden om de p-waarde te bepalen. Dat gaf een p-waarde van .0035. Dit resultaat leidde tot de verwerping van de nulhypothese en dus tot een bevestiging van deze tweede hypothese.

16.5.3 Hypothese 3: lagere score op de test van een week later

16.5.3.1 Toepassingsvoorwaarde normaliteit

		Test1	Test2	Test3
N		42	42	42
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	8,3333	9,0000	9,2321
	Std. Deviation	4,23929	4,18840	3,95184
	Absolute	,172	,085	,083
Most Extreme Differences	Positive	,074	,073	,074
	Negative	-,172	-,085	-,083
Kolmogorov-Smirnov Z		1,112	,553	,541
Asymp. Sig. (2-tailed)		,169	,919	,932
Exact Sig. (2-tailed)		,150	,894	,908
Point Probability		,000	,000	,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

16.5.3.2 Paired Samples T-test: test 1 ⇔ test 3

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Test1	8,3333	42	4,23929	,65414
	Test3	9,2321	42	3,95184	,60978

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Test1 & Test3	42	,874	,000

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Test1 - Test3	-,89881	2,07339	,31993	-1,54492	-,25269	-2,809	41	,008

Via deze hypothese werd getoetst of de gemiddelde score op test 3, de test van een week later, lager lag dan de gemiddelde score op test 1, de test in de avond na het leren.

$$H_0: \mu_1 \leq \mu_3$$

$$H_1: \mu_1 > \mu_3$$

Hierbij werd een verwerping van de nulhypothese nagestreefd, omdat de score op test 1 hoger moest liggen dan de score op test 3. Om een verwerping van de nulhypothese te verkrijgen, diende

de p-waarde $< .05$ te zijn. De waarde in de kolom '*Sig. (2-tailed)*' mocht echter niet onmiddellijk als de p-waarde geïnterpreteerd worden. Aangezien $H_1: \mu_1 - \mu_3 > 0$ en $t < 0$, moest ' $1 - (\text{Sig. (2-tailed)})/2$ ' gebruikt worden om de p-waarde te bepalen. Dat gaf een p-waarde van .996. Dit resultaat leidde echter tot de aanvaarding van de nulhypothese. De gemiddelde score op test 1 was zo kleiner of gelijk aan de gemiddelde score op test 3.

Om te toetsen of de gemiddelde score op test 1 wel of niet gelijk was aan de gemiddelde score op test 3 moest een bijkomende meting uitgevoerd worden.

$$H_0: \mu_1 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_3$$

De p-waarde kon uit de kolom '*Sig. (2-tailed)*' afgelezen worden en was bijgevolg $< .05$. Dit resultaat leidde tot een aanvaarding van de nulhypothese. Hierdoor kon worden gesteld dat de gemiddelde score op test 1 gelijk was aan de gemiddelde score op test 3.

Aan de hand van deze twee metingen kon dus worden afgeleid dat deze deelhypothese niet kon worden bevestigd.

16.5.3.3 Paired Samples T-test: test 2 ⇔ test 3

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Test2	9,0000	42	4,18840	,64628
	Test3	9,2321	42	3,95184	,60978

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Test2 & Test3	42	,911	,000

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval				
					of the Difference				
Lower	Upper								
Pair 1	Test2 - Test3	-,23214	1,73064	,26704	-,77145	,30716	-,869	41	,390

Via deze hypothese werd getoetst of de gemiddelde score op test 3, de test van een week later, lager lag dan de gemiddelde score op test 2, de test in ochtend na de slaap.

$$H_0: \mu_2 \leq \mu_3$$

$$H_1: \mu_2 > \mu_3$$

Hierbij werd een verwerping van de nulhypothese nagestreefd, omdat de score op test 2 hoger moest liggen dan de score op test 3. Om een verwerping van de nulhypothese te verkrijgen, diende de p-waarde < .05 te zijn. De waarde in de kolom 'Sig. (2-tailed)' mocht echter niet onmiddellijk als de p-waarde geïnterpreteerd worden. Aangezien $H_1: \mu_2 - \mu_3 > 0$ en $t < 0$, moest '1-(Sig. (2-tailed))/2' gebruikt worden om de p-waarde te bepalen. Dat gaf een p-waarde van .805. Dit betekende dat de gemiddelde score op test 2 kleiner of gelijk aan de gemiddelde score op test 3 was.

Om te toetsen of de gemiddelde score op test 2 wel of niet gelijk was aan de gemiddelde score op test 3 moest een bijkomende meting uitgevoerd worden.

$$H_0: \mu_2 = \mu_3$$

$$H_1: \mu_2 \neq \mu_3$$

De p-waarde kon uit de kolom 'Sig. (2-tailed)' afgelezen worden en was bijgevolg > .05. Dit resultaat leidde tot een verwerping van de nulhypothese. Hierdoor kon worden gesteld dat de gemiddelde score op test 2 niet gelijk was aan de gemiddelde score op test 3.

Aan de hand van deze twee metingen samen kon dus worden afgeleid dat de gemiddelde score op test 2 kleiner was dan de gemiddelde score op test 3. Dit betekende dat deze deelhypothese niet kon worden bevestigd.

16.5.4 Hypothese 4: snelheid leren hoger bij jonge deelnemers in vergelijking met de oudere deelnemers

16.5.4.1 Voorwaarde homoscedasticiteit

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Snelheid1	2,982	1	40	,092
Snelheid2	8,059	1	40	,071
Snelheid3	12,449	1	40	,062
Snelheid4	2,162	1	40	,149
SnelheidTotaal	3,064	1	40	,088

16.5.4.2 Voorwaarde normaliteit

Leeftijdsklasse = 18-23

		Snelheid1	Snelheid2	Snelheid3	Snelheid4	Totaalsnelheid
N		21	21	21	21	21
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	1192,57	1197,19	563,29	569,05	3522,0952
	Std. Deviation	325,916	366,757	148,755	183,435	878,09834
	Absolute	,168	,071	,161	,114	,094
Most Extreme Differences	Positive	,168	,071	,141	,114	,094
	Negative	-,096	-,056	-,161	-,063	-,076
Kolmogorov-Smirnov Z		,768	,323	,739	,522	,432
Asymp. Sig. (2-tailed)		,596	1,000	,645	,948	,992
Exact Sig. (2-tailed)		,541	1,000	,590	,919	,983
Point Probability		,000	,000	,000	,000	,000

a. Leeftijdsklasse = 18-23

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

Leeftijdsklasse = 45-55

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Snelheid1	Snelheid2	Snelheid3	Snelheid4	Totaalsnelheid
N		21	21	21	21	21
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	1883,86	1552,00	844,10	725,90	5005,8571
	Std. Deviation	471,624	618,854	402,562	254,384	1348,23497
	Absolute	,110	,221	,160	,144	,103
Most Extreme Differences	Positive	,110	,221	,160	,144	,103
	Negative	-,104	-,109	-,122	-,087	-,067
Kolmogorov-Smirnov Z		,505	1,011	,733	,660	,474
Asymp. Sig. (2-tailed)		,961	,258	,656	,776	,978
Exact Sig. (2-tailed)		,937	,223	,601	,723	,961
Point Probability		,000	,000	,000	,000	,000

a. Leeftijdsklasse = 45-55

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

16.5.4.3 One Way ANOVA test

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	
					Lower Bound	Upper Bound			
Snelheid1	18-23	21	1192,57	325,916	71,121	1044,22	1340,93	767	2001
	45-55	21	1883,86	471,624	102,917	1669,18	2098,54	1291	2981
	Total	42	1538,21	531,695	82,042	1372,53	1703,90	767	2981
Snelheid2	18-23	21	1197,19	366,757	80,033	1030,24	1364,14	479	1974
	45-55	21	1552,00	618,854	135,045	1270,30	1833,70	788	2977
	Total	42	1374,60	533,549	82,328	1208,33	1540,86	479	2977
Snelheid3	18-23	21	563,29	148,755	32,461	495,57	631,00	330	814
	45-55	21	844,10	402,562	87,846	660,85	1027,34	376	1871
	Total	42	703,69	331,723	51,186	600,32	807,06	330	1871
Snelheid4	18-23	21	569,05	183,435	40,029	485,55	652,55	280	908
	45-55	21	725,90	254,384	55,511	610,11	841,70	346	1267
	Total	42	647,48	232,983	35,950	574,87	720,08	280	1267
SnelheidTotaal	18-23	21	3522,0952	878,09834	191,61677	3122,3897	3921,8008	1856,00	5296,00
	45-55	21	5005,8571	1348,23497	294,20899	4392,1479	5619,5663	2988,00	8211,00
	Total	42	4263,9762	1351,53168	208,54587	3842,8093	4685,1431	1856,00	8211,00

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Snelheid1	Between Groups	5017697,357	1	5017697,357	30,535	,000
	Within Groups	6572997,714	40	164324,943		
	Total	11590695,071	41			
Snelheid2	Between Groups	1321842,881	1	1321842,881	5,109	,029
	Within Groups	10349815,238	40	258745,381		
	Total	11671658,119	41			
Snelheid3	Between Groups	827966,881	1	827966,881	8,991	,005
	Within Groups	3683678,095	40	92091,952		
	Total	4511644,976	41			
Snelheid4	Between Groups	258343,714	1	258343,714	5,253	,027
	Within Groups	1967188,762	40	49179,719		
	Total	2225532,476	41			
SnelheidTotaal	Between Groups	23116268,595	1	23116268,595	17,859	,000
	Within Groups	51775884,381	40	1294397,110		
	Total	74892152,976	41			

16.5.5 Hypothese 5: gehoord versus niet gehoord

16.5.5.1 *Alle geluiden: tussen de leeftijdsgroepen*

16.5.5.1.1 Voorwaarde homoscedasticiteit

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Test1	,356	1	40	,554
Test2	,380	1	40	,541

16.5.5.1.2 Voorwaarde normaliteit

Leeftijdsklasse = 18-23, Geluiden = Niet Gehoord

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Test1	Test2
N		9	9
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	10,1667	10,8889
	Std. Deviation	3,23554	3,31924
Most Extreme Differences	Absolute	,187	,118
	Positive	,141	,097
	Negative	-,187	-,118
Kolmogorov-Smirnov Z		,560	,353
Asymp. Sig. (2-tailed)		,912	1,000
Exact Sig. (2-tailed)		,858	,998
Point Probability		,000	,000

a. Leeftijdsklasse = 18-23, Geluiden = Niet Gehoord

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

Leeftijdsklasse = 18-23, Geluiden = Gehoord

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Test1	Test2
N		12	12
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	10,4375	11,3750
	Std. Deviation	3,70062	3,80565
	Absolute	,173	,212
Most Extreme Differences	Positive	,086	,139
	Negative	-,173	-,212
Kolmogorov-Smirnov Z		,601	,733
Asymp. Sig. (2-tailed)		,863	,655
Exact Sig. (2-tailed)		,805	,584
Point Probability		,000	,000

a. Leeftijdsklasse = 18-23, Geluiden = Gehoord

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

Leeftijdsklasse = 45-55, Geluiden = Niet Gehoord

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Test1	Test2
N		9	9
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	5,8333	6,4167
	Std. Deviation	3,78938	3,69332
	Absolute	,193	,181
Most Extreme Differences	Positive	,193	,166
	Negative	-,141	-,181
Kolmogorov-Smirnov Z		,579	,542
Asymp. Sig. (2-tailed)		,891	,931
Exact Sig. (2-tailed)		,831	,883
Point Probability		,000	,000

a. Leeftijdsklasse = 45-55, Geluiden = Niet Gehoord

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

Leeftijdsklasse = 45-55, Geluiden = Gehoord

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Test1	Test2
N		12	12
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	6,7292	7,1458
	Std. Deviation	4,44213	3,83237
	Absolute	,219	,166
Most Extreme Differences	Positive	,163	,166
	Negative	-,219	-,135
Kolmogorov-Smirnov Z		,758	,576
Asymp. Sig. (2-tailed)		,614	,895
Exact Sig. (2-tailed)		,543	,842
Point Probability		,000	,000

a. Leeftijdsklasse = 45-55, Geluiden = Gehoord

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

16.5.5.1.3 One Way ANOVA test

Descriptives

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
						Test1	Niet Gehoord		
	Gehoord	24	8,5833	4,42428	,90310	6,7151	10,4515	,25	15,75
	Total	42	8,3333	4,23929	,65414	7,0123	9,6544	,25	15,75
Test2	Niet Gehoord	18	8,6528	4,11073	,96891	6,6086	10,6970	1,50	15,25
	Gehoord	24	9,2604	4,31471	,88074	7,4385	11,0824	2,00	15,50
	Total	42	9,0000	4,18840	,64628	7,6948	10,3052	1,50	15,50

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Test1	Between Groups	3,500	1	3,500	,191	,665
	Within Groups	733,333	40	18,333		
	Total	736,833	41			
Test2	Between Groups	3,798	1	3,798	,212	,647
	Within Groups	715,452	40	17,886		
	Total	719,250	41			

16.5.5.2 Alle geluiden: binnen de leeftijdsgroepen

16.5.5.2.1 Voorwaarde homoscedasticiteit

Test of Homogeneity of Variances^a

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Test1	,038	1	19	,848
Test2	,296	1	19	,593

a. Leeftijdsklasse = 18-23

Test of Homogeneity of Variances^a

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Test1	,709	1	19	,410
Test2	,009	1	19	,926

a. Leeftijdsklasse = 45-55

16.5.5.2.2 One Way ANOVA test

Leeftijdsklasse = 18-23

Descriptives^a

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum	
					Mean				
					Lower Bound	Upper Bound			
Test1	Niet Gehoord	9	10,1667	3,23554	1,07851	7,6796	12,6537	5,50	15,00
	Gehoord	12	10,4375	3,70062	1,06828	8,0862	12,7888	3,75	15,75
	Total	21	10,3214	3,42613	,74764	8,7619	11,8810	3,75	15,75
Test2	Niet Gehoord	9	10,8889	3,31924	1,10641	8,3375	13,4403	5,75	15,25
	Gehoord	12	11,3750	3,80565	1,09860	8,9570	13,7930	3,75	15,50
	Total	21	11,1667	3,52609	,76946	9,5616	12,7717	3,75	15,50

a. Leeftijdsklasse = 18-23

ANOVA^a

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Test1	Between Groups	,377	1	,377	,031	,863
	Within Groups	234,391	19	12,336		
	Total	234,768	20			
Test2	Between Groups	1,215	1	1,215	,093	,763
	Within Groups	247,451	19	13,024		
	Total	248,667	20			

a. Leeftijdsklasse = 18-23

Leeftijdsklasse = 45-55

Descriptives^a

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	
					Lower Bound	Upper Bound			
					Test1	Niet Gehoord			9
	Gehoord	12	6,7292	4,44213	1,28233	3,9068	9,5516	,25	12,25
	Total	21	6,3452	4,09914	,89451	4,4793	8,2111	,25	12,25
Test2	Niet Gehoord	9	6,4167	3,69332	1,23111	3,5777	9,2556	1,50	11,75
	Gehoord	12	7,1458	3,83237	1,10631	4,7109	9,5808	2,00	12,75
	Total	21	6,8333	3,69741	,80684	5,1503	8,5164	1,50	12,75

a. Leeftijdsklasse = 45-55

ANOVA^a

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Test1	Between Groups	4,127	1	4,127	,236	,632
	Within Groups	331,932	19	17,470		
	Total	336,060	20			
Test2	Between Groups	2,734	1	2,734	,192	,666
	Within Groups	270,682	19	14,246		
	Total	273,417	20			

a. Leeftijdsklasse = 45-55

16.5.5.3 Acht geluiden: tussen de leeftijdsgroepen

16.5.5.3.1 Voorwaarde homoscedasticiteit

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Test1	,721	1	40	,401
Test2	1,521	1	40	,225

16.5.5.3.2 Voorwaarde normaliteit

Geluid = Niet gehoord, Leeftijdsklasse = 18-23

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Test1	Test2
N		9	9
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	5,0278	5,5556
	Std. Deviation	1,25900	1,48312
Most Extreme Differences	Absolute	,161	,151
	Positive	,110	,151
	Negative	-,161	-,125
Kolmogorov-Smirnov Z		,484	,453
Asymp. Sig. (2-tailed)		,973	,987
Exact Sig. (2-tailed)		,945	,968
Point Probability		,000	,000

a. Geluid = Niet gehoord, Leeftijdsklasse = 18-23

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

Geluid = Gehoord, Leeftijdsklasse = 18-23

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Test1	Test2
N		12	12
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	5,1667	5,3542
	Std. Deviation	1,99241	2,16495
Most Extreme Differences	Absolute	,155	,157
	Positive	,117	,134
	Negative	-,155	-,157
Kolmogorov-Smirnov Z		,536	,544
Asymp. Sig. (2-tailed)		,937	,928
Exact Sig. (2-tailed)		,895	,884
Point Probability		,000	,000

a. Geluid = Gehoord, Leeftijdsklasse = 18-23

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

Geluid = Niet gehoord, Leeftijdsklasse = 45-55

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Test1	Test2
N		9	9
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	2,4722	2,9167
	Std. Deviation	1,97027	1,88331
	Absolute	,245	,149
Most Extreme Differences	Positive	,245	,149
	Negative	-,158	-,133
Kolmogorov-Smirnov Z		,734	,447
Asymp. Sig. (2-tailed)		,654	,988
Exact Sig. (2-tailed)		,573	,971
Point Probability		,000	,000

a. Geluid = Niet gehoord, Leeftijdsklasse = 45-55

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

Geluid = Gehoord, Leeftijdsklasse = 45-55

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Test1	Test2
N		12	12
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	3,1250	3,2708
	Std. Deviation	2,41797	2,43893
	Absolute	,144	,177
Most Extreme Differences	Positive	,133	,142
	Negative	-,144	-,177
Kolmogorov-Smirnov Z		,497	,615
Asymp. Sig. (2-tailed)		,966	,844
Exact Sig. (2-tailed)		,936	,783
Point Probability		,000	,000

a. Geluid = Gehoord, Leeftijdsklasse = 45-55

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

16.5.5.3.3 One Way ANOVA test

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum	
					Mean				
					Lower Bound	Upper Bound			
Test1	Niet gehoord	18	3,7500	2,07400	,48885	2,7186	4,7814	,50	7,00
	Gehoord	24	4,1458	2,40461	,49084	3,1305	5,1612	,00	7,75
	Total	42	3,9762	2,25089	,34732	3,2748	4,6776	,00	7,75
Test2	Niet gehoord	18	4,2361	2,13251	,50264	3,1756	5,2966	,50	7,50
	Gehoord	24	4,3125	2,49374	,50903	3,2595	5,3655	,00	7,75
	Total	42	4,2798	2,31854	,35776	3,5573	5,0023	,00	7,75

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Test1	Between Groups	1,612	1	1,612	,313	,579
	Within Groups	206,115	40	5,153		
	Total	207,726	41			
Test2	Between Groups	,060	1	,060	,011	,917
	Within Groups	220,340	40	5,509		
	Total	220,400	41			

16.5.5.4 *Acht geluiden: binnen leeftijdsgroepen*

16.5.5.4.1 Voorwaarde homoscedasticiteit

Leeftijdsklasse = 18-23

Test of Homogeneity of Variances^a

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Test1	2,104	1	19	,163
Test2	1,442	1	19	,245

a. Leeftijdsklasse = 18-23

Leeftijdsklasse = 45-55

Test of Homogeneity of Variances^a

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Test1	,612	1	19	,444
Test2	1,811	1	19	,194

a. Leeftijdsklasse = 45-55

16.5.5.4.2 One Way ANOVA test

Leeftijdsklasse = 18-23

Descriptives^a

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum	
					Mean				
					Lower Bound	Upper Bound			
Test1	Niet gehoord	9	5,0278	1,25900	,41967	4,0600	5,9955	3,25	7,00
	Gehoord	12	5,1667	1,99241	,57516	3,9007	6,4326	2,00	7,75
	Total	21	5,1071	1,67998	,36660	4,3424	5,8719	2,00	7,75
Test2	Niet gehoord	9	5,5556	1,48312	,49437	4,4155	6,6956	3,25	7,50
	Gehoord	12	5,3542	2,16495	,62497	3,9786	6,7297	1,50	7,75
	Total	21	5,4405	1,86230	,40639	4,5928	6,2882	1,50	7,75

a. Leeftijdsklasse = 18-23

ANOVA^a

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Test1	Between Groups	,099	1	,099	,033	,857
	Within Groups	56,347	19	2,966		
	Total	56,446	20			
Test2	Between Groups	,209	1	,209	,057	,813
	Within Groups	69,155	19	3,640		
	Total	69,363	20			

a. Leeftijdsklasse = 18-23

Leeftijdsklasse = 45-55

Descriptives^a

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for		Minimum	Maximum	
					Mean				
					Lower Bound	Upper Bound			
Test1	Niet gehoord	9	2,4722	1,97027	,65676	,9577	3,9867	,50	5,75
	Gehoord	12	3,1250	2,41797	,69801	1,5887	4,6613	,00	6,50
	Total	21	2,8452	2,20861	,48196	1,8399	3,8506	,00	6,50
Test2	Niet gehoord	9	2,9167	1,88331	,62777	1,4690	4,3643	,50	6,25
	Gehoord	12	3,2708	2,43893	,70406	1,7212	4,8205	,00	6,75
	Total	21	3,1190	2,17316	,47422	2,1298	4,1083	,00	6,75

a. Leeftijdsklasse = 45-55

ANOVA^a

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Test1	Between Groups	2,191	1	2,191	,437	,517
	Within Groups	95,368	19	5,019		
	Total	97,560	20			
Test2	Between Groups	,645	1	,645	,131	,722
	Within Groups	93,807	19	4,937		
	Total	94,452	20			

a. Leeftijdsklasse = 45-55

16.5.5.5 Test 2G versus test 2NG

16.5.5.5.1 Toepassingsvoorwaarde normaliteit

Geluid = Gehoord

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Test2	Test2NG
N		24	24
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	4,2917	4,9583
	Std. Deviation	2,48109	2,13748
	Absolute	,154	,127
Most Extreme Differences	Positive	,114	,127
	Negative	-,154	-,104
Kolmogorov-Smirnov Z		,755	,624
Asymp. Sig. (2-tailed)		,619	,830
Exact Sig. (2-tailed)		,567	,785
Point Probability		,000	,000

a. Geluid = Gehoord

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

16.5.5.5.2 Paired-Samples T-test

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Test2	4,2917	24	2,48109	,50645
	Test2NG	4,9583	24	2,13748	,43631

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	Test2 & Test2NG	24	,739	,000

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Test2 - Test2NG	-,66667	1,69985	,34698	-1,38445	,05112	-1,921	23	,067

Via deze hypothese werd getoetst of de gemiddelde score op test 2 voor de acht woorden die de deelnemers gehoord hebben (test 2G), hoger lag dan de gemiddelde score voor de acht woorden die de deelnemers niet gehoord hebben (test 2NG).

$$H_0: \mu_{2G} \leq \mu_{2NG}$$

$$H_1: \mu_{2G} > \mu_{2NG}$$

Hierbij werd een verwerping van de nulhypothese nagestreefd, omdat de score op test 2G hoger moest liggen dan de score op test 2NG. Om een verwerping van de nulhypothese te verkrijgen, diende de p-waarde $< .05$ te zijn. De waarde in de kolom '*Sig. (2-tailed)*' mocht echter niet onmiddellijk als de p-waarde geïnterpreteerd worden. Aangezien $H_1: \mu_{2G} - \mu_{2NG} > 0$ en $t < 0$, moest ' $1 - (\text{Sig. (2-tailed)})/2$ ' gebruikt worden om de p-waarde te bepalen. Dat gaf een p-waarde van .967. Dit betekende dat de gemiddelde score op test 2G kleiner of gelijk aan de gemiddelde score op test 2NG was.

Om te toetsen of de gemiddelde score op test 2G wel of niet gelijk was aan de gemiddelde score op test 2NG moest een bijkomende meting uitgevoerd worden.

$$H_0: \mu_{2G} = \mu_{2NG}$$

$$H_1: \mu_{2G} \neq \mu_{2NG}$$

De p-waarde kon uit de kolom '*Sig. (2-tailed)*' afgelezen worden en was bijgevolg $< .05$. Dit resultaat leidde tot een aanvaarding van de nulhypothese. Hierdoor kon worden gesteld dat de gemiddelde score op test 2G gelijk was aan de gemiddelde score op test 2NG. Dit zorgde ervoor dat deze deelhypothese niet bevestigd kon worden.

16.5.6 Hypothese 6: hoger opgeleiden scoren hoger dan lager opgeleiden

16.5.6.1 Mann-Whitney U test: tussen de leeftijdsgroepen

Ranks				
	Opleiding	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Test1	Hoger Onderwijs	35	20,14	705,00
	Universitair Onderwijs	7	28,29	198,00
	Total	42		
Test2	Hoger Onderwijs	35	20,19	706,50
	Universitair Onderwijs	7	28,07	196,50
	Total	42		
Test3	Hoger Onderwijs	35	20,06	702,00
	Universitair Onderwijs	7	28,71	201,00
	Total	42		

Test Statistics ^a			
	Test1	Test2	Test3
Mann-Whitney U	75,000	76,500	72,000
Wilcoxon W	705,000	706,500	702,000
Z	-1,604	-1,553	-1,705
Asymp. Sig. (2-tailed)	,109	,120	,088
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,114 ^b	,122 ^b	,092 ^b
Exact Sig. (2-tailed)	,112	,124	,090
Exact Sig. (1-tailed)	,056	,062	,045
Point Probability	,002	,002	,002

- a. Grouping Variable: Opleiding
 b. Not corrected for ties.

Aan de hand van de Mann-Whitney U test werd getoetst of de universitaireren (X_1) stochastisch hoger scoorden dan de hooggeschoolden (X_0). Er werd daarom een p-waarde $< .05$ nagestreefd, om de nulhypothese te kunnen verwerpen.

$$H_0: X_0 \geq X_1$$

$$H_1: X_0 < X_1$$

De p-waarde diende via de volgende formule berekend te worden:

$$U_0 = R_0 - (n_0(n_0 + 1))/2$$

$$U_1 = R_1 - (n_1(n_1 + 1))/2$$

Daarbij staat R_0 voor de 'Sum of Ranks' van de hooggeschoolden, R_1 voor de 'Sum of Ranks' van de universitaireren, n_0 voor het aantal hooggeschoolden binnen de steekproef en n_1 voor het aantal universitaireren in de steekproef. Na het uitrekenen van beide formules voor test 1 werden volgende waarden verkregen:

$$U_0 = 687$$

$$U_1 = 194$$

Aangezien $U_0 > U_1$, moest '1-Exact Sig. (1-tailed)' gebruikt worden om de p-waarde te bepalen. Dit gaf een p-waarde van .944. De te grote p-waarde leidde niet tot een verwerping van de nulhypothese, waardoor deze zesde hypothese niet voor test 1 bevestigd kon worden. Bij test 2 en test 3 diende de p-waarde telkens op dezelfde wijze berekend te worden. Hierbij was de p-waarde ook iedere keer te hoog, waardoor deze zesde hypothese ook niet voor test 2 en test 3 gold.

16.5.6.2 Mann-Whitney U test: binnen de leeftijdsgroepen

Leeftijdsklasse = 18-23

Ranks^a

	Opleiding	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Test1	Hoger Onderwijs	16	10,75	172,00
	Universitair Onderwijs	5	11,80	59,00
	Total	21		
Test2	Hoger Onderwijs	16	10,69	171,00
	Universitair Onderwijs	5	12,00	60,00
	Total	21		
Test3	Hoger Onderwijs	16	10,84	173,50
	Universitair Onderwijs	5	11,50	57,50
	Total	21		

a. Leeftijdsklasse = 18-23

Test Statistics^{a,b}

	Test1	Test2	Test3
Mann-Whitney U	36,000	35,000	37,500
Wilcoxon W	172,000	171,000	173,500
Z	-,330	-,413	-,207
Asymp. Sig. (2-tailed)	,741	,679	,836
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,780 ^c	,719 ^c	,842 ^c
Exact Sig. (2-tailed)	,768	,704	,858
Exact Sig. (1-tailed)	,384	,352	,429
Point Probability	,018	,016	,017

a. Leeftijdsklasse = 18-23

b. Grouping Variable: Opleiding

c. Not corrected for ties.

Leeftijdsklasse = 45-55

Ranks^a

	Opleiding	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Test1	Hoger Onderwijs	19	10,29	195,50
	Universitair Onderwijs	2	17,75	35,50
	Total	21		
Test2	Hoger Onderwijs	19	10,37	197,00
	Universitair Onderwijs	2	17,00	34,00
	Total	21		
Test3	Hoger Onderwijs	19	10,32	196,00
	Universitair Onderwijs	2	17,50	35,00
	Total	21		

a. Leeftijdsklasse = 45-55

Test Statistics^{a,b}

	Test1	Test2	Test3
Mann-Whitney U	5,500	7,000	6,000
Wilcoxon W	195,500	197,000	196,000
Z	-1,620	-1,439	-1,559
Asymp. Sig. (2-tailed)	,105	,150	,119
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,114 ^c	,190 ^c	,152 ^c
Exact Sig. (2-tailed)	,129	,181	,148
Exact Sig. (1-tailed)	,067	,090	,071
Point Probability	,019	,010	,010

a. Leeftijdsklasse = 45-55

b. Grouping Variable: Opleiding

c. Not corrected for ties.

16.5.7 Hypothese 7: hoe langer werken, hoe lagere scores

16.5.7.1 Test 1

		Test1	Werk
Kendall's tau_b	Correlation Coefficient	1,000	,055
	Score1 Sig. (1-tailed)	.	,369
	N	21	21
	Correlation Coefficient	,055	1,000
	Werk Sig. (1-tailed)	,369	.
	N	21	21

a. Leeftijdsklasse = 45-55

Wegens een steekproefomvang van slechts 21 personen binnen de oudste leeftijdscategorie diende de rangcorrelatietoets van Kendall gebruikt te worden, om specifiek na te gaan of een hogere werkervaring negatief correleerde met de test scores.

$$H_0: \tau \geq 0$$

$$H_1: \tau < 0$$

Er werd specifiek getoetst of de rangcorrelatiecoëfficiënt van Kendall τ tussen de werkervaring en de testprestaties kleiner was dan nul. Daarbij werd een verwerping van de nulhypothese nagestreefd, omdat de correlatie negatief lineair, dus kleiner dan nul, diende te zijn voor een aanvaarding van deze hypothese. Een p-waarde $< .05$ werd daartoe als resultaat beoogd.

Aangezien voor test 1 de correlatiecoëfficiënt $r_k = .055$ en dus groter was dan nul moest '1-Sig. (1-tailed)' gebruikt worden om de p-waarde te bepalen. Dit gaf een p-waarde van .631. Hierdoor werd de nulhypothese bevestigd, waardoor deze zevende hypothese voor test 1 niet klopte. Uit verdere statistische berekeningen bleek deze hypothese ook voor test 2 en test 3 niet te kloppen (zie verdere tabellen).

16.5.7.2 Test 2

		Werk	Test2
Kendall's tau_b	Correlation Coefficient	1,000	,059
	Werk Sig. (1-tailed)	.	,357
	N	21	21
	Correlation Coefficient	,059	1,000
	Score2 Sig. (1-tailed)	,357	.
	N	21	21

a. Leeftijdsklasse = 45-55

16.5.7.3 Test 3

Correlations^a

		Werk	Test3
Kendall's tau_b	Correlation Coefficient	1,000	-,015
	Werk Sig. (1-tailed)	.	,464
	N	21	21
	Correlation Coefficient	-,015	1,000
	Score3 Sig. (1-tailed)	,464	.
	N	21	21

a. Leeftijdsklasse = 45-55

16.5.8 Hypothese 8: talenkennis versus testresultaten

16.5.8.1 Algemene taalvaardigheid

16.5.8.1.1 Voorwaarde homoscedasticiteit

Test of Homogeneity of Variances

Gemiddeldetestscore

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,017 ^a	2	38	,983

a. Groups with only one case are ignored in computing the test of homogeneity of variance for Gemiddeldetestscore.

16.5.8.1.2 Voorwaarde normaliteit

Talenkennis = 3,00

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Gemiddeldetest score
N		13
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	7,0192
	Std. Deviation	3,78183
	Absolute	,148
Most Extreme Differences	Positive	,148
	Negative	-,100
Kolmogorov-Smirnov Z		,534
Asymp. Sig. (2-tailed)		,938
Exact Sig. (2-tailed)		,898
Point Probability		,000

a. Talenkennis = 3,00

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

Talenkennis = 4,00

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Gemiddeldetest score
N		25
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	10,1567
	Std. Deviation	3,70141
	Absolute	,107
Most Extreme Differences	Positive	,088
	Negative	-,107
Kolmogorov-Smirnov Z		,533
Asymp. Sig. (2-tailed)		,939
Exact Sig. (2-tailed)		,910
Point Probability		,000

a. Talenkennis = 4,00

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

Talenkennis = 5,00

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Gemiddeldetest score
N		3
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	7,8056
	Std. Deviation	4,16778
	Absolute	,341
Most Extreme Differences	Positive	,341
	Negative	-,244
Kolmogorov-Smirnov Z		,591
Asymp. Sig. (2-tailed)		,875
Exact Sig. (2-tailed)		,756
Point Probability		,000

a. Talenkennis = 5,00

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

16.5.8.1.3 One Way ANOVA test

Descriptives

Gemiddeldetestscore

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
2,00	1	3,3333	3,33	3,33
3,00	13	7,0192	3,78183	1,04889	4,7339	9,3046	1,33	13,75
4,00	25	10,1567	3,70141	,74028	8,6288	11,6845	2,50	15,17
5,00	3	7,8056	4,16778	2,40627	-2,5478	18,1589	4,92	12,58
Total	42	8,8552	3,99738	,61681	7,6095	10,1008	1,33	15,17

ANOVA

Gemiddeldetestscore

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	119,962	3	39,987	2,839	,051
Within Groups	535,178	38	14,084		
Total	655,140	41			

16.5.8.2 Franse taalvaardigheid

16.5.8.2.1 Toepassingsvoorwaarde normaliteit

Variabele Frans

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Frans
N		42
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	12,8095
	Std. Deviation	3,45167
	Absolute	,135
Most Extreme Differences	Positive	,096
	Negative	-,135
Kolmogorov-Smirnov Z		,874
Asymp. Sig. (2-tailed)		,429
Exact Sig. (2-tailed)		,394
Point Probability		,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Variabele Gemiddeldetestscore

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Gemiddeldetest score
N		42
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	8,8552
	Std. Deviation	3,99738
	Absolute	,083
Most Extreme Differences	Positive	,083
	Negative	-,081
Kolmogorov-Smirnov Z		,536
Asymp. Sig. (2-tailed)		,936
Exact Sig. (2-tailed)		,913
Point Probability		,000

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

16.5.8.2.2 Pearson correlatietoets

		Correlations	
		Frans	Gemiddeldetest score
Frans	Pearson Correlation	1	,166
	Sig. (1-tailed)		,147
	N	42	42
Gemiddeldetestscore	Pearson Correlation	,166	1
	Sig. (1-tailed)	,147	
	N	42	42

Door een voldoende grote steekproefomvang ($n > 25$) mocht voor deze hypothese de Pearson correlatietest gebruikt worden. Via deze test werd specifiek nagegaan of Pearson (ρ) groter was dan nul, omdat de correlatie positief lineair diende te zijn voor de aanvaarding van deze hypothese. Er moest dus een p-waarde $< .05$ gevonden worden, om de nulhypothese te kunnen verwerpen.

$$H_0: \rho \leq 0$$

$$H_1: \rho > 0$$

In de kolom '*Pearson Correlation*' kon worden geobserveerd dat correlatie tussen Frans en de gemiddelde testscore $r = 0.166$ bedroeg. Aangezien $r > 0$ diende '*Sig. (1-tailed)*' gebruikt te worden om de p-waarde te bepalen. Dit gaf een p-waarde van .166. Deze te grote p-waarde leidde tot een aanvaarding van de nulhypothese, wat een ontcrachting van deze achtste hypothese tot gevolg had.

16.5.9 Hypothese 9: verschil in testresultaten tussen mannen en vrouwen?

16.5.9.1 Voorwaarde homoscedasticiteit

Test of Homogeneity of Variances

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Test1	,788	1	40	,380
Test2	2,140	1	40	,151
Test3	2,965	1	40	,093

16.5.9.2 Voorwaarde normaliteit

Geslacht = Man

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Test1	Test2	Test3
N		17	17	17
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	8,3382	9,2500	9,4853
	Std. Deviation	4,55517	4,68375	4,41276
	Absolute	,212	,155	,182
Most Extreme Differences	Positive	,127	,141	,144
	Negative	-,212	-,155	-,182
Kolmogorov-Smirnov Z		,874	,640	,751
Asymp. Sig. (2-tailed)		,430	,808	,626
Exact Sig. (2-tailed)		,377	,752	,565
Point Probability		,000	,000	,000

a. Geslacht = Man

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

Geslacht = Vrouw

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test^a

		Test1	Test2	Test3
N		25	25	25
Normal Parameters ^{b,c}	Mean	8,3300	8,8300	9,0600
	Std. Deviation	4,10711	3,90760	3,69070
	Absolute	,141	,096	,094
Most Extreme Differences	Positive	,082	,067	,066
	Negative	-,141	-,096	-,094
Kolmogorov-Smirnov Z		,707	,479	,468
Asymp. Sig. (2-tailed)		,700	,976	,981
Exact Sig. (2-tailed)		,649	,959	,967
Point Probability		,000	,000	,000

a. Geslacht = Vrouw

b. Test distribution is Normal.

c. Calculated from data.

16.5.9.3 One Way ANOVA test

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum	
					Lower Bound	Upper Bound			
Test1	Man	17	8,3382	4,55517	1,10479	5,9962	10,6803	,25	15,75
	Vrouw	25	8,3300	4,10711	,82142	6,6347	10,0253	1,25	15,00
	Total	42	8,3333	4,23929	,65414	7,0123	9,6544	,25	15,75
Test2	Man	17	9,2500	4,68375	1,13598	6,8418	11,6582	2,50	15,50
	Vrouw	25	8,8300	3,90760	,78152	7,2170	10,4430	1,50	15,25
	Total	42	9,0000	4,18840	,64628	7,6948	10,3052	1,50	15,50
Test3	Man	17	9,4853	4,41276	1,07025	7,2165	11,7541	2,75	15,50
	Vrouw	25	9,0600	3,69070	,73814	7,5366	10,5834	,75	15,25
	Total	42	9,2321	3,95184	,60978	8,0007	10,4636	,75	15,50

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Test1	Between Groups	,001	1	,001	,000	,995
	Within Groups	736,833	40	18,421		
	Total	736,833	41			
Test2	Between Groups	1,785	1	1,785	,100	,754
	Within Groups	717,465	40	17,937		
	Total	719,250	41			
Test3	Between Groups	1,830	1	1,830	,115	,737
	Within Groups	638,469	40	15,962		
	Total	640,299	41			