



VRIJE
UNIVERSITEIT
BRUSSEL



Proef ingediend met het oog op het behalen
van de graad van Master in de Biologische Psychologie

HET EFFECT VAN VROLIJKE EN DROEVIGE MUZIEK (IN)CONGRUENT AAN GEMOEDSTOESTAND OP DE FYSIOLOGIE EN COGNITIEVE PERFORMANTIE VAN KINDEREN

De fysiologische basis van het Mozart-effect

LEEN TORDEURS
2017-2018

Aantal woorden: 11069

Promotoren: Prof Dr. Martine Van Puyvelde
Psychologie & Educatiewetenschappen



SAMENVATTING MASTERPROEF

Naam en voornaam: Tordeurs Leen

Rolnr.: 508045

KLIN ☒
AO ☐
ONKU ☐
AGOG ☐

Titel van de Masterproef: Het effect van vrolijke en droevige muziek (in)congruent aan gemoedstoestand op de fysiologie en cognitieve performantie van kinderen: de fysiologische basis van het "Mozart-effect"

Promotor: Prof Dr. Martine Van Puyvelde

Samenvatting: (300 woorden)

Deze studie onderzocht het effect van affect-(in)congruente muziek op de cognitieve performantie van zes- tot negenjarige kinderen. Affect-(in)congruente muziek is muziek die een bepaalde emotie opwekt die al dan niet aansluit aan de gemoedstoestand van de luisteraar. De gemoedsinductie werd gecreëerd met behulp van korte filmfragmenten. De kinderen werden blootgesteld aan ofwel een vrolijke gemoedsinductie ofwel een droevige gemoedsinductie. Daaropvolgend werd ofwel eerst een affect-congruent en dan affect-incongruent muziekfragment afgespeeld. Ofwel werd andersom eerst een affect-incongruent en dan affect-congruent muziekfragment afgespeeld. Na elk muziekfragment voltooiden de kinderen enkele geheugentaken. De resultaten wijzen erop dat kinderen in de affect-congruente conditie significant beter presteren op de geheugentaak dan in de affect-incongruente conditie qua accuraatheid, maar niet qua reactietijd. Desalniettemin scoren de kinderen in de affect-congruente conditie enkel beter dan de kinderen in de affect-incongruente conditie op de tweede geheugentaak. Mogelijks ontstaat het effect van de affect-congruente muziek op de cognitieve performantie enkel tijdens een verhoogde cognitieve load. Bovendien ging deze studie het effect van affect-(in)congruente muziek na op respiratoire sinus aritmie (RSA), een fysiologische maat gerelateerd aan affectieve en cognitieve zelfregulatie. De ademhaling en ECG werden geregistreerd tijdens het ganse experiment. Voor de analyse werden ademhalingsfrequentie (fR), het RRI-interval (RRI) en RSA berekend tijdens een baseline conditie, een affect-congruente conditie en een affect-incongruente conditie. De resultaten bevestigden de hypothese deels waarin gesteld werd dat RSA hogere waardes zou vertonen tijdens de affect-congruente muziekfragmenten dan tijdens de affect-incongruente muziekfragmenten. Het effect van

affect-congruentie werd enkel teruggevonden in de droevige condities, wat suggereert dat de sterkste fysiologische impact zich voordoet in de droevige condities.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Dankwoord	3
Het effect van vrolijke en droevige muziek (in)congruent aan gemoedstoestand op de fysiologie en cognitieve performantie van kinderen: de fysiologische basis van het "Mozart-effect"	4
Methode	16
Deelnemers	16
Apparatuur en materiaal.....	16
Opname van fysiologische signalen	18
Procedure	19
Fysiologische signalen	21
Datavoorbereiding	22
Resultaten	25
Impact van affect-congruente en affect-incongruente muziek op cognitieve performantie	25
Accuraatheid	25
Reactietijd.....	25
Impact van affect-congruente en affect-incongruente muziek op fysiologische responsen	26
Algemeen verloop ruwe data	26
Impact van affect-congruente en affect-incongruente muziek op RSA	28
Impact van affect-congruente en affect-incongruente muziek op RRI en fR	28
Cognitieve load	29
Accuraatheid	29
Reactietijd.....	29
RSA.....	29
Invloed initiële baseline niveau RSA	30
Invloed type muziek en gemoedstoestand op RSA	30
Invloed gemoedstoestand op accuraatheid.....	31
Invloed type muziek op accuraatheid	31
Discussie	32
Referenties	37

Samenvatting

Deze studie onderzocht het effect van affect-(in)congruente muziek op de cognitieve prestatie van zes- tot negenjarige kinderen. Affect-(in)congruente muziek is muziek die een bepaalde emotie opwekt die al dan niet aansluit aan de gemoedstoestand van de luisteraar. De gemoedsinductie werd gecreëerd met behulp van korte filmfragmenten. De kinderen werden blootgesteld aan ofwel een vrolijke gemoedsinductie ofwel een droevige gemoedsinductie. Daaropvolgend werd ofwel eerst een affect-congruent en dan een affect-incongruent muziekfragment afgespeeld, ofwel andersom eerst een affect-incongruent en dan een affect-congruent muziekfragment. Na elk muziekfragment voltooiden de kinderen enkele geheugentaken. De resultaten wijzen erop dat kinderen in de affect-congruente conditie significant beter presteren op de geheugentaak dan in de affect-incongruente conditie qua accuraatheid, maar niet qua reactietijd. Desalniettemin scoren de kinderen in de affect-congruente conditie enkel beter dan de kinderen in de affect-incongruente conditie op de tweede geheugentaak. Mogelijks ontstaat het effect van de affect-congruente muziek op de cognitieve prestatie enkel tijdens een verhoogde cognitieve load. Bovendien ging deze studie het effect van affect-(in)congruente muziek na op respiratoire sinus aritmie (RSA), een fysiologische maat gerelateerd aan affectieve en cognitieve zelf-regulatie. De ademhaling en ECG werden geregistreerd tijdens het ganse experiment. Voor de analyse werden ademhalingsfrequentie (fR), het RRI-interval (RRI) en RSA berekend tijdens een baseline conditie, een affect-congruente conditie en een affect-incongruente conditie. De resultaten bevestigden de hypothese deels waarin gesteld werd dat RSA hogere waarden zou vertonen tijdens de affect-congruente muziekfragmenten dan tijdens de affect-incongruente muziekfragmenten. Het effect van affect-congruentie werd enkel teruggevonden in de droevige condities, wat suggereert dat de sterkste fysiologische impact zich voordoet in de droevige condities.

Dankwoord

Op het einde van het schrijven van deze thesis reflecteerde ik over het hele proces dat dit met zich heeft meegebracht. Met veel vallen en opstaan is het uiteindelijk gelukt deze scriptie af te ronden. Dit had niet mogelijk geweest zonder de steun van mijn promotor, Martine Van Puyvelde, die mij gedurende heel het proces op zowel professioneel als op persoonlijk vlak enorm gemotiveerd en peptalks gegeven heeft om door te zetten. Deze thesis had niet voltooid geweest zonder de steun, hulp en tips van mijn promotor. Ik wil haar hiervoor erg bedanken. Daarnaast bedank ik al mijn vrienden en familie die er geweest zijn in de moeilijkere, maar ook leukere periodes. Ik ben gezegend dat ik heb mogen deelnemen aan onderzoek met betrekking tot muziek gezien dit mijn grote passie is.

Het effect van vrolijke en droevige muziek (in)congruent aan gemoedstoestand op de fysiologie en cognitieve prestatie van kinderen: de fysiologische basis van het "Mozart-effect"

Cognitieve prestatie is een uitgebreid onderzocht concept dat zijn toepassingen kent in verschillende onderzoeksdomeinen van de psychologie. Zoals beschreven in Dessy et al. (2017), onderkent het concept in het literatuurdomein nog geen eenduidige definitie aangezien het vanuit verschillende perspectieven wordt bestudeerd. Binnen toepassingsdisciplines van observatieonderzoek verwijst cognitieve prestatie naar de subjectieve evaluatie van het zichtbaar resultaat van een taak, activiteit of prestatie (Garland, 1985). Onderzoekers gespecialiseerd in menselijke factoren streven ernaar cognitieve prestatie objectief te evalueren volgens specifieke taken binnen specifieke contexten (bv., Pattyn, 2007). Daarentegen wordt cognitieve prestatie vanuit een cognitieve invalshoek beschouwd als een parapluconcept dat meerdere interagerende dimensies omvat, waaronder perceptie, waakzaamheid, aandacht en executieve functies (Caldwell, 1995; Salas, Rosen, Held, & Weissmuller, 2008). Bijgevolg kent cognitieve prestatie bij onderzoek zijn uitwegen naar uiteenlopende toepassingen met betrekking tot het denken, redeneren, oplossen van problemen, creativiteit en mentale flexibiliteit (Schellenberg, 2012). Bovendien behoren andere cognitieve functies waaronder taal, leren, visuele en auditieve perceptie, het genereren van ideeën, cognitieve snelheid, kennis, prestatie en psychomotorische vaardigheden eveneens tot cognitieve prestatie (Carroll, 1993). Binnen deze processen neemt het geheugen een centrale rol in. Zowel het korte- en langetermijngeheugen als het werkgeheugen corresponderen aan cognitieve prestatie (Klimesch, 1999). Het werkgeheugen in se maakt onderdeel uit van de executieve functies (Alvarez & Emory, 2006; Conway & Engle, 1994). Het stelt ons in staat om actief informatie kort vast te houden tijdens informatieverwerking. Meer specifiek beheert het werkgeheugen informatie dat deze opdeelt, herhaalt en opslaat waarbij beroep wordt gedaan op de capaciteit van het kortetermijngeheugen. Anderzijds staat het in voor cognitieve controle en executieve aandacht (Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999). Naast cognitieve prestatie wordt ook wel het begrip 'cognitieve vaardigheden' gehanteerd (bv., Schellenberg & Weiss, 2013). Hiermee wordt verwezen naar elke component van cognitie, inclusief algemene intelligentie.

Zowel in de experimentele als de klinische praktijk beogen onderzoekers verschillende manieren ter verbetering van cognitieve prestatie. In het kader van stress-management, sport

en creatieve kunsten wordt dit eveneens beklemtoond, gezien de mens zichzelf in de huidige maatschappij meer en meer moet bewijzen en presteren in een competitief milieu waarin het niveau blijft stijgen (Gruzelier, 2014). Volwassenen sporen hierin soms ondersteuning op in zowel farmaceutische (de Jongh, Bolt, Schermer, & Olivier, 2008; Franke & Lieb, 2010) als niet-farmaceutische middelen (bv., lichaamsbeweging, meditatie, computertraining, hersenstimulatie en bio- en neurofeedback, Dessy et al., 2017; Dresler et al., 2013).

Het verbeteren van cognitieve prestatie kent eveneens interesse met betrekking tot kinderen. Vanuit het cognitieve en ontwikkelingsgerichte onderzoeksdomein inzake kinderen met het Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) verdiepen onderzoekers zich voornamelijk in de componenten aandacht en executieve functies (Moriguchi, Chevalier, & Zelazo, 2016). Deze elementen omvatten immers belangrijke implicaties voor de latere emotionele, sociale en cognitieve ontwikkeling van kinderen (Moriguchi et al., 2016). Gezien kinderen met ADHD afwijkingen vertonen in die componenten en ADHD als psychiatrische kinderstoornis het vaakst voorkomt (Petersen & Posner, 2012), stijgt het aantal onderzoeken en diagnoses hieromtrent aanzienlijk (Polanczyk, de Lima, Horta, Biederman, & Rohde, 2007; Polanczyk, Salum, Sugaya, Caye, & Rohde, 2015). De keerzijde van die onderzoeken en therapeutische interventies bestaat erin dat gehanteerde methoden ter verbetering van de aandachts- en werkgeheugenprocessen soms intrusief kunnen zijn (bv., medicatie) (American Academy of Pediatrics, Subcommittee on Attention-Deficit/Hyperactivity, 2011; Epstein et al., 2014; Gellad et al., 2014; Van der Oord, Prins, Oosterlaan, & Emmelkamp, 2008). Naast deze meer intrusieve behandelingsmethoden zijn niet-intrusieve methoden welkom.

Een niet-intrusieve kandidaat ter verbetering van cognitieve prestatie die meer en meer aandacht krijgt, is de toepassing van muziek. Het verband tussen cognitieve prestatie en muziek werd reeds in een aantal studies onderzocht. De eerste aanzet was het bekende experiment van Rauscher, Shaw en Ky (1993). In deze studie bleek het luisteren naar muziek van Mozart een tijdelijk gunstig effect uit te oefenen op de visueel-ruimtelijke vaardigheden van studenten. Rauscher et al. (1993) noemden dit effect het zogenaamde "Mozart-effect". De studie bestond uit een within-subjects design waarin elke student drie condities onderging. In de Mozartconditie beluisterde elke student een muziekstuk van Mozart gedurende 10 min. De relaxatieconditie hield een relaxatie-instructie van 10 min in. In de stille conditie werden geen auditieve stimuli gebruikt. Na elke conditie voltooiden de studenten een steeds andere visueel-ruimtelijke taak van de Stanford-Binet Intelligence schaal. Het gaat om de 'Paper Folding and Cutting' (PF&C) taak. Het doel van deze taak bestaat eruit mentaal trachten te visualiseren hoe een opgevouwen stuk papier eruitziet nadat

het geplooid en verknipt werd. De studenten in de Mozartconditie scoorden significant hoger (8 tot 9 IQ-punten) dan de studenten in de andere condities wat leidde tot het populaire geloof dat “het luisteren naar muziek ons slimmer maakt” (Holden, 1994, p. 968).

Indien muziek inderdaad een invloed zou uitoefenen op onze cognitieve performantie, dan is de vraag op welke manier? Veel onderzoekers stemmen immers niet in met die één-op-één relatie tussen muziek en cognitieve performantie. Rauscher, Shaw, en Ky (1995) repliceerden hun eigen studie uit 1993 (Rauscher et al., 1993) maar voegden een bijkomende conditie toe met muziek van Albinoni. Luisteren naar Mozarts muziek zou het vuren van neuronen faciliteren in hogere corticale breinsystemen die actief zijn tijdens het ontcijferen van visueel-spatiale taken (Rauscher et al., 1995). Dit fenomeen werd het trion-model genoemd (McGrann, Shaw, Shenoy, Leng, & Mathews, 1994). Dit model geeft een wiskundige realisatie weer van ons neuraal netwerk waarin de cortex de “basiskolom” is. Verder bestaat ze uit “minikolommen”, trions genaamd. Trions omvatten 100 neuronen die zichzelf op drie niveaus afvuren, nl. op ondergemiddeld, gemiddeld en bovengemiddeld niveau. Deze neuronen zijn gestructureerd en hebben de capaciteit om verbanden tussen patronen te vinden, te vergelijken en te herkennen, wat belangrijk geacht wordt bij visueel-spatiale taken (Rauscher, Shaw, Levine, Wright, Dennis, & Newcomb, 1997). Bijgevolg pleitten deze auteurs voor een neurologische basis. Echter, het Mozart-effect werd niet eenduidig in iedere studie teruggevonden (Carstens, Huskins, & Hounshell, 1995; Črnčec, Wilson, & Prior, 2006; Kenealy & Monsef, 1994; Newman et al., 1995; Steele, Bas, & Crook, 1999). Bijvoorbeeld Steele et al. (1999) vonden in een erg gelijkaardig experimenteel design als dat van Rauscher et al. (1993) geen effect. In deze studie verschilden enkel de relaxatieconditie in die zin dat ze vervangen werd door een muziekconditie met toediening van muziek van Philip Glass. De onderzoekers ontdekten geen significant verschil tussen de condities in cognitieve performantie maar merkten wel verschillen in de gerapporteerde gemoedstoestand die de muziek opriep. Aan de hand van de vragenlijst Profile of Mood States (POMS) stelden zij vast dat participanten de compositie van Glass als “onaangenaam” bestempelden, hetgeen resulteerde in een onplezierige tot zelfs boze gemoedstoestand. Daartegenover benoemden ze de compositie van Mozart als “vrolijk”, wat leidde tot het rapporteren van een eigen vrolijke gemoedstoestand.

Onderzoek zoals dat van Steele et al. (1999) toont dus aan dat muziek de mogelijkheid biedt onze gemoedstoestand te beïnvloeden (Koelsch, 2010). *Gemoedstoestand* wordt in literatuur omschreven als een emotie aanhoudend over de tijd (Sloboda & Juslin, 2001). Emoties worden beschouwd als adaptieve reacties op veranderende omstandigheden belangrijk bij overleving (Juslin

& Laukka, 2004). Gezien de veranderingen die muziek in onze gemoedstoestand kunnen induceren, wordt met betrekking tot muziek dus eveneens gesteld dat zij de capaciteit verleent emoties op te wekken (Koelsch, 2010, 2014; Schäfer, Sedlmeier, Städtler, & Huron, 2013; Sloboda & O'Neill, 2001). Zulke emoties noemen we muziek-geïnduceerde emoties. Vooral discrete emoties zoals blijheid, droefheid, agitatie en sereniteit werden aanvankelijk opgemerkt (Thayer, 1986). Vanuit een dimensionele benadering worden emoties in de literatuur geschetst als een positie in een toestandsruimte tussen de dimensies van valentie (plezierig-onplezierig of positief-negatief) en arousal (Russell, 1980; Sloboda & Juslin, 2001). *Valentie* weerspiegelt de mate waarin een emotie zich kenmerkt met een positieve of negatieve connotatie (bv., Barrett, Mesquita, Ochsner, & Gross, 2007). *Arousal* representeert de mate van fysiologische activatie of de intensiteit van een emotionele staat (Sloboda & Juslin, 2001).

Gezien de sterke associatie tussen muziek en emotie, bestaan er een aantal hypothesen over de impact van muziek op het ervaren van emoties. Een eerste perspectief komt voort uit een communicatie-gerelateerd uitgangspunt waarin zowel vocale als instrumentele muziek gelijkgesteld worden aan vocale expressie (Scherer, 1986; Spencer, 1857) en het communiceren van emoties (Gabrielsson & Juslin, 2003; Scherer, 1986). Vocale expressie verwijst naar de non-verbale elementen van onze stem (Scherer, 1986). Een uitstekend illustrerend instrument dat op een vergelijkbare manier menselijke uitingen van de stem resoneert is de slide guitar (Bogdanov, Woodstra, & Erlewine, 2001). Spencer (1857) wees er reeds in 1857 op dat de akoestische karakteristieken van onze stem -zoals pitch of toonhoogte-, in zowel spraak als zang, door emoties worden beïnvloed vanwege de fysiologische impact van de emotie. Pitch of de toonhoogte van een klank verwijst naar de frequentie in Hz of aantal trillingen per seconde en komt overeen met de positie die de klank op een notenbalk verkrijgt (Sadie, 1980, p. 779). Bovendien heeft elke klank en dus ook de stem- een bepaald timbre, welke de typische kwalitatieve karakteristieken ervan weerspiegelt die worden bepaald door hun spectrumsamenstelling (Sadie, 1980, p. 823). Zo produceren bijvoorbeeld blaasinstrumenten zoals een klarinet en een hobo verschillende timbres (Sadie, 1980, p. 823). Naast pitch en timbre kunnen het tempo en volume van onze stem beïnvloed worden door fysiologische verschijnselen (Van Puyvelde, Neyt, McGlone, & Pattyn, in review). Het uitgangspunt van Spencer (1857) ligt bijvoorbeeld aan de basis van het onderzoeksdomein dat de uitwisseling van emotionele expressie via akoestische cues tussen moeders en baby's bestudeert. Menig onderzoek toonde aan dat zowel moeders als baby's in staat zijn om cues zoals pitch (bv., Van Puyvelde et al., 2010, 2013, 2015), tempo (bv., Gratier, 2003) en timbre (bv., Malloch, 1999;

Malloch & Trevarthen, 2009) op elkaar af te stemmen. Deze afstemmingen ondersteunen processen van wederkerige van face-to-face interactie (bv., Papoušek, 1996; Van Puyvelde et al., 2013, 2015) en fysiologische co-regulatie (Van Puyvelde et al., 2014). Ook binnen onderzoek met volwassen participanten naar muziekpreferentie en de impact ervan op emotionele gemoedstoestand worden fysiologische gebeurtenissen als belangrijke determinant naar de voorgrond geschoven (bv., Mcdermott, Lehr, & Oxenham, 2010; Schäfer & Sedlmeier, 2010). Het geheel van deze studies wijst erop dat het gewaarworden van fysiologische sensaties een verklarende ondergrond lijkt te bieden voor het ervaren van emotionele gemoedstoestanden gerelateerd aan muziek, klank en eigen stemgebruik (Schäfer & Sedlmeier, 2010; Van Puyvelde et al., 2014).

Een tweede perspectief vinden we terug in de neurowetenschappen waar de impact van muziek op ons brein werd aangetoond. Een studie van Blood en Zatorre (2001) vergeleek de hersenactiviteit tussen mensen die luisterden naar zelfgekozen muziek en anderen naar onbekende muziek. De onderzoekers vonden een significante verhoging van cerebrale bloedtoevoer in structuren van het mesocorticolimbisch systeem tijdens het luisteren naar zelfgekozen aangename muziek. Het mesocorticolimbisch systeem omvat het ventrale striatum (ook nucleus accumbens), de thalamus, insula, cingulate cortex, orbitofrontale cortex en de middenhersenen en is belangrijk met betrekking tot beloningsprocessen (Blood & Zatorre, 2001) en top-down emotieregulatie (Thayer & Lane, 2000, 2009). Ook de ventrale tegmentale area die interageert met structuren die autonome, emotionele en cognitieve functies reguleren (Craig, 2002) blijkt actief tijdens het luisteren naar geprefereerde muziek (Blood & Zatorre, 2001). Een andere studie vond ook activatie in de nucleus accumbens tijdens het beluisteren van onbekende plezierige liedjes (Brown, Martinez, & Parsons, 2004). In literatuur en meer specifiek in de neuroviscerale integratiemodellen wordt gesteld dat top-down regulatie vanuit bovengenoemde prefrontale corticale hersenregio's naar zowel subcorticale emotie-gerelateerde regio's als ons autonoom fysiologisch zenuwstelsel een sleutelfunctie uitoefenen in zowel emotionele regulatie als cognitieve performantie (Thayer & Lane, 2000, 2009). Een positieve gemoedstoestand blijkt bijvoorbeeld de cognitieve prestaties aanzienlijk te verbeteren (Demanet, Liefoghe, & Verbruggen, 2011; Van der Stigchel, Imants, & Ridderinkhof, 2011). Gezien de toename in studies die effecten van muziek op de emotionele gemoedstoestand vooropstellen, is het dus aannemelijk dat muziek inderdaad een impact kan hebben op de cognitieve performantie, beïnvloed door de uitgelokte gemoedstoestand. Vanuit dit perspectief repliceerden Nantais en Schellenberg (1999) hun studie naar het Mozart-effect met gemoedstoestand als verklarende variabele in het design. Als substitutie van de aanvankelijke relaxatieconditie werd een

conditie ingevoegd waarin een verhaal van Stephen King werd verteld. Participanten die dat verhaal prefereerden boven Mozart en bijgevolg een positieve gemoedstoestand rapporteerden na het verhaal, presteerden significant beter op de PF&C taak. Hetzelfde trad op bij degenen die Mozart prefereerden. Deze studie toonde aan dat de positieve connotatie van de stimulus en niet de muziek op zich een positief effect op cognitieve performantie verklaart. Thompson, Schellenberg, en Husain (2001) linkten bijgevolg het Mozart-effect aan het eerder vernoemde circumplex model van Russell (1980) (Husain, Schellenberg, & Thompson, 2002). Volgens Thompson et al. (2001) zou elke auditieve stimulus (zelfs non-muzikaal) die een positieve gemoedstoestand en verhoogde arousal opwekt, ruimtelijk inzicht verbeteren. Echter, de onderzoeken die een Mozart effect vonden, bevatten condities die niet echt arousal-verhogend waren. In stilte zitten of luisteren naar een relaxatie-instructie is immers niet opwindend (Nantais & Schellenberg, 1999). In het laatstgenoemde onderzoek boden zij muziek aan van ofwel Mozart, ofwel Albinoni muziek of geen muzikale stimulus. Het muziekstuk van Mozart stond in een majeur toonaard en had een snel tempo. De toonaard van een muziekstuk kan gezien worden als de deelverzameling van noten. Als je die noten samen speelt, vormt dat een mineur of een majeur toonaard. Het tempo is het aantal tellen per minuut. Een majeur toonaard en een snel tempo worden in muziek gebruikt als open toonaarden met een doorgaans vrolijk karakter (Sadie, 1980) en wekken aldus gevoelens van blijheid op (Peretz, Gagnon, & Bouchard, 1998). Daarom wordt veel muziek van Mozart als vrolijke muziek ervaren. Albinoni's muziek daarentegen, staat in een mineur toonaard en heeft een traag tempo. Deze eigenschappen zouden gevoelens van droefheid oproepen. Albinoni's muziek wordt daarom als droevige muziek beschouwd (Hunter, Schellenberg, & Schimmack, 2010). Vanuit de benadering van Thompson et al. (2001) zorgt vrolijke muziek voor hoge arousal en een positieve gemoedstoestand terwijl droevige muziek een lage arousal en een negatieve gemoedstoestand teweeg brengt. Dit werd mede aangetoond aan de hand van de Profile of Mood States (POMS), een meetinstrument voor arousal level en gemoedstoestand. Thompson et al. (2001) vonden dat participanten die muziek van Mozart beluisterden significant beter presteerden op een visueel-ruimtelijke taak dan wanneer ze muziek van Albinoni beluisterden. Bovendien vonden Schellenberg, Nakata, Hunter, en Tamoto (2007) dat arousal en gemoedstoestand niet enkel invloed uitoefende op de visueel-ruimtelijke vaardigheden, maar eveneens op andere componenten van cognitieve performantie. De creativiteit en verwerkingssnelheid van de participanten verbeterden immers significant.

Toch is er controverse met betrekking tot de arousal-en-gemoedstoestandshypothese. Volgens Franco et al. (2014) roept vrolijke muziek niet eenduidig een hoge arousal en positieve

gemoedstoestand op net zomin als droevige muziek een lage arousal en een negatieve gemoedstoestand zou oproepen. In een studie van Vuoskoski, Thompson, McIlwain, en Eerola (2012) werd bijvoorbeeld ook gerapporteerd dat droevige muziek positieve emoties kan opwekken. Bovendien gaan mensen via muziek op zoek naar bepaalde emoties waar ze op dat moment behoefte aan hebben en zouden ze aldus muziek beluisteren die emoties opwekt in overeenkomst met hun huidige gemoedstoestand (Saarikallio, 2011). Eveneens toonde onderzoek van Xue, Li, Yin, Zhu, en Tan (2018) aan dat mensen in een bepaalde gemoedstoestand gebracht via het reflecteren over een autobiografische herinnering valentie-consistente muziek verkozen. Met andere woorden verkiezen mensen in een vrolijke gemoedstoestand vrolijke muziek en mensen in een droevige gemoedstoestand droevige muziek. Zodoende beschouwen Franco et al. (2014) muziek als 'een sociaal signaal corresponderend aan de huidige emotionele gemoedstoestand van de luisteraar' (p. 871). Er bestaan signalen met uitdrukkingseigenschappen die wel of niet aansluiten aan de emotionele gemoedstoestand van de luisteraar. De signalen die wel aansluiten, zijn congruent en noemen we 'affect-congruente muziek'. Welke niet aansluiten, zijn incongruent en noemen we 'affect-incongruente muziek'. Franco et al. (2014) hypothetiseerden dat na het luisteren van affect-congruente muziek, de cognitieve performantie zou verbeteren. Zij claimden bijgevolg dat negatieve gemoedstoestand en lage arousal eveneens cognitieve voordelen kan hebben. Met andere woorden, na het luisteren naar muziek die volgens de luisteraar emoties uitdrukt die congruent zijn aan diens emoties, verbetert zijn of haar cognitieve performantie. Om dit na te gaan, vergeleken zij het werkgeheugen van kinderen in een affect-congruente muziekconditie en van kinderen in een affect-incongruente muziekconditie. Om te controleren voor individuele verschillen, volbrachten ze eerst een visueel spatiële geheugentaak 'Fruity Fruit Match'. De opdracht bestond erin steeds twee gelijke fruitplaatjes om te draaien. Nadien werd elk kind in een bepaalde gemoedstoestand gebracht met behulp van videoclips. De kinderen in de vrolijke condities keken naar een videoclip van *Pingu's* verjaardagsfeestje, zij in de droevige condities bekeken *The Lion King* waarin Mufasa stierf. Nadien moesten de kinderen hun gemoedstoestand beschrijven, waarvan 95% de gewenste gemoedstoestand vertoonde. Daarna luisterden ze naar een droevig muziekfragment of een vrolijk muziekfragment. De affect-congruente muziekcondities scoorden significant hoger op de cognitieve taak dan de affect-incongruente muziekcondities.

Zoals reeds aangehaald, kunnen er zich tijdens het beluisteren van muziek fysiologische responsen manifesteren die zich uiten in een verhoogde bloedtoevoer naar hersendelen belangrijk bij beloning of in autonome arousal waarbij de mens rillingen kan ervaren. Een interessante en reeds

meermaals gebruikte maat die de activiteit van het autonoom zenuwstelsel weergeeft, is hartritmevariabiliteit (HRV). HRV is de variatie in tijd tussen opeenvolgende hartslagen (Berntson et al., 1997). Deze weerspiegelt sympathische en parasympathische invloed van het autonoom zenuwstelsel op het cardiovasculair systeem, welke zorgen voor hartritmeversnellingen en hartritmevertragingen (Jose & Collison, 1970). Een component van HRV is respiratoire sinus aritmie (RSA), welke de invloed van de ademhaling op HRV weerspiegelt gemedieerd door de parasympathische tak van het autonoom zenuwstelsel (Berntson et al., 1997). De parasympathische tak van het autonoom zenuwstelsel regelt tonisch de ademhaling via de nervus vagus, de tiende hersenzenuw ter hoogte van de hersenstam (Levy, 1990). Tijdens het inademen versnelt het hartritme en tijdens het uitademen vertraagt het. RSA reflecteert dus deze connectie tussen hartritme en ademhaling of vagale controle over het hart (Berntson et al., 1997). HRV kan weergegeven worden in tijds- en frequentiedomeinen. Terwijl het hoge-frequentiedomein vagale invloed voorstelt, stelt het lage-frequentiedomein sympathische invloed voor. Het is de vagale invloed, meer specifiek uitgedrukt door RSA, die een index vormt voor de eerder vernoemde top-down regulatie tussen het centraal en autonoom zenuwstelsel (Thayer & Lane, 2000, 2009).

De studies met betrekking tot de impact van muziek op het autonoom zenuwstelsel en meer specifiek de hartslagfrequentie en HRV rapporteren tegenstrijdige resultaten. In sommige studies werd een verlaagde hartslagfrequentie geobserveerd als respons op relaxerende aspecten van muziek (Knight & Wiese, 2011). Deze aspecten verhogen de hoge-frequentiecomponent van HRV, welke de invloed van het parasympathisch zenuwstelsel weerspiegelt (Iwanaga, Kobayashi, & Kawasaki, 2005). In andere studies wordt gesteld dat elk type muziek de hartslagfrequentie verhoogt, welke sympathische arousal weergeeft (Chanda & Levitin, 2013; Iwanaga et al., 2005; Mikutta et al., 2013) en bijgevolg een verlaagde hoge-frequentiecomponent (Mikutta et al., 2013). Daarentegen constateerden enkele onderzoekers geen effect van muziek (Strauser, 1997; Vanderark & Ely, 1994). Zo achterhaalden Etzel, Johnsen, Dickerson, Tranel, en Adolphs (2006) geen verschil in RSA bij vrolijke of droevige muziek. Mogelijks was de muziek niet emotie-inducerend genoeg en kon deze stimulus eerder beschouwd worden als een rustmoment. Maar waarschijnlijk is het verhaal complexer dan dat en zijn er verschillende akoestische aspecten en individuele ervaringen die mee een rol spelen in de impact van muziek op fysiologische regulatieprocessen (Lacey & Lacey, 1970). Het expliciet beluisteren en ervaren van muziek is een top-down gereguleerd proces afhankelijk van culturele en leeftijdsafhankelijke invloeden wat resulteert in een geïntegreerde brein-lichaam of neuroviscerale repons (Van Puyvelde et al., 2014;

Van Puyvelde & Franco, 2015). Toch werden er eveneens specifieke bottom-up fysiologische responsen gerapporteerd per discrete emotie gegenereerd via muziek. Vrolijke muziek verschaft bijvoorbeeld een hogere hartslag- en ademhalingsfrequentie dan droevige muziek (Etzel et al., 2006; Gomez & Danuser, 2004; Krumhansl, 1997). Een voorgesteld mechanisme voor dit verschijnsel is dat muziek reflexieve hersenstamreacties inschakelt. De hersenstam, met onder andere de nervus vagus, waarborgt onze hartslag- en ademhalingsfrequentie, lichaamstemperatuur en bloeddruk. Vanuit dit perspectief zou muziek een invloed kunnen uitoefenen als een overlevingssignaal die dientengevolge fysiologische responsen tot stand brengt. De hersenstamneuronen neigen synchroon te vuren met het tempo en ritme van muziek (Bernardi, Porta, & Sligh, 2006; Griffiths, Uppenkamp, Johnsrude, Josephs, & Patterson, 2001). Bijgevolg induceert enerzijds stimulerende, snelle muziek acceleraties in cardiovasculaire en respiratoire responsen. Anderzijds verlaagt relaxerende of trage muziek deze parameters (Bernardi et al., 2009; Lundqvist, Carlsson, Hilmersson, & Juslin, 2009). Niet enkel tempo als akoestische eigenschap van muziek medieert de fysiologische responsen. Ook geluidsintensiteit levert een toename in arousal op (Juslin, 1997). Hoe intenser het geluid, hoe meer arousal (Gomez & Danuser, 2007). Auteurs suggereren dat wij die toename in geluidsintensiteit opvatten als een stimulus die meer nabij komt, welke een afkeerreactie genereert. Het zou eveneens opkomend gevaar voorspellen (Bradley & Lang, 2000). Verder beheersen muzikanten de mogelijkheid een bepaalde noot vroeger of later dan verwacht tot expressie te brengen (Large & Palmer, 2002). Dit wordt een verwachtingsfout genoemd en zorgt eveneens voor een toename in arousal (Juslin, Liljeström, Västfjäll, & Lundqvist, 2010). Dit wil opnieuw zeggen dat fysiologische responsen binnen discrete emoties erg kunnen verschillen. Tenslotte heeft muziek de kracht om rillingen over het lichaam (bv., kippenvel) teweeg te brengen (Panksepp, 1995). Droevige liedjes met thema's zoals onbeantwoorde liefde en verlangen zouden hiervoor zorgen aangezien zulke liedjes mensen ontroeren. Vooral zelfgekozen liedjes zouden vaker kippenvel doen opkomen dan liedjes gekozen door de onderzoeker (Panksepp, 1995), wat wederom zou kunnen wijzen op de werking van top-down processen, met name de integratie van herinneringen en muziek. Panksepp en Bernatzky (2002) geloven dat droevige, rilling-inducerende muziek akoestische analogieën kan vertonen met de separatie-uitroepen van jonge dieren. Dat is een uitroep naar de ouders toe om zorg en aandacht te waarborgen. Rillingen door muziek zouden een natuurlijke resonantie van breinsystemen gerelateerd aan separatieangst zijn. Die resonantie probeert de emotionele impact van sociaal verlies te mediëren. Als conclusie kunnen we stellen dat muziek onlosmakelijk verbonden is aan een psychofysiologische respons die in meerdere of mindere mate kan optreden afhankelijk

van eigen geconstrueerde herinneringen, de context, de aard van de muziek en de huidige gemoedstoestand.

Niet enkel muziek zou fysiologische responsen opleveren, ook het bekijken van foto's, filmclips en gepersonaliseerde recall induceren kunnen lichamelijke gewaarwordingen induceren (Kreibig, 2010). Maar ook hier zijn de bevindingen over verschillende studies uiteenlopend. Zo zouden droevige filmclips (bijvoorbeeld een scène van een jongen die weent op de begrafenis van zijn vader) een verlaagde hartslag (Gruber, Oveis, Keltner, & Johnson, 2008), een verhoogde respiratoire activiteit (Gross, Fredrickson, & Levenson, 1994) en een verlaagde HRV of RSA kunnen veroorzaken (Rottenberg, Wilhelm, Gross, & Gotlib, 2003). Dit fysiologisch patroon werd beschouwd door Rottenberg et al. (2003) als een typisch expressie van de droevige gemoedstoestand. Een notie hierbij is dat participanten niet weenden. Indien dit wel het geval was, verhoogde de RSA van de deelnemers wel significant (Rottenberg et al., 2003). Echter, een ander onderzoek met dezelfde manipulatie ondervond een verhoogde RSA en een verlaagde ademhalingsfrequentie zonder dat de participanten weenden (Marsh, Beauchaine, & Williams, 2008). Daarnaast vond men soms geen verschil in HRV in de droevige gemoedstoestand in vergelijking met de baseline (Theall-Honey & Schmidt, 2006). Hier werd gedurende 1 min een fragment uit *The Lion King* vertoond. Andere gemoedstoestandsinducerende methoden zoals het bekijken van foto's resulteerden eveneens in diverse resultaten. Een serie foto's waarin dode dieren of soldaten in actie afgebeeld werden, veroorzaakten een verhoogde hartslagfrequentie, maar een onveranderde RSA (Ritz, George, & Dahme, 2000). Foto's waarin een begrafenis of een eend in olie afgebeeld werd, resulteerden in een verlaagde hartslagfrequentie en een verhoogde RSA (Ritz, Thöns, Fahrenkrug, & Dahme, 2005). In het algemeen zouden negatieve emoties een sterkere autonome respons veroorzaken dan positieve emoties (Kreibig, 2010). Daarnaast induceren de meeste studies vrolijke gemoedstoestanden. De meeste methoden die hiervoor instaan, resulteerden in een verhoogde hartslag (Etzel et al., 2006) en een verlaagde HRV (Jönsson & Sonnby-Borgström, 2003). Andere methoden ter inductie van een vrolijke gemoedstoestand verkregen net een hoge HRV, een verlaagde HR (Sternbach, 1962) en een verlaagde RR (Smith, Bradley, & Lang, 2005). Zo werden foto's gedurende 300 sec van het Internationale Affective Photo System (skydivers, achtbaan, blijde gezichten...) of een filmclipje uit *Bambi* getoond (Sternbach, 1962). Desalniettemin bekwamen onderzoekers soms geen verschil in HRV bij vrolijke of droevige filmclips (Theall-Honey & Schmidt, 2006). De resultaten zijn in de literatuur dus heel uiteenlopend en er is nog steeds geen consensus of er wel dan niet een relatie bestaat tussen emoties en de organisatie van het autonoom zenuwstelsel (Kreibig, 2010). Volgens

Gendolla en Brinckmann (2005) echter, is het induceren van een fysiologische respons bij gemoedsinductie onmogelijk, aangezien een gemoedstoestand geen motivationele factoren met zich meebrengt. Er bestaat dus geen verschil in cardiovasculaire reactiviteit bij de verschillende gemoedstoestanden in vergelijking met de baseline. Volgens Gendolla en Brinckmann (2005) is het verkeren in een bepaalde gemoedstoestand eerder een vorm van passieve coping, maar die wel invloed uitoefent op het daaropvolgende cognitieve presteren (Gendolla & Brinckmann, 2005).

In deze studie willen we nagaan of we ook een relatie vinden tussen affect-congruente muziek (Franco et al., 2014) en verhoogde cognitieve performantie en indien zo of dit gepaard gaat met onderliggende fysiologische gebeurtenissen. Volgens Thayer en Lane (2000) worden in onze hersencircuit mentale processen, waaronder emotie en cognitie, geïntegreerd met fysiologische processen. Zo een functioneel circuit werd eerder beschreven als het centraal autonoom netwerk (CAN) (Benarroch, 1993). Dit netwerk omvat corticale en subcorticale structuren die reciproque en inhiberend op elkaar inwerken. Meer specifiek inhiberen de rechter prefrontale cortex, de insula en de anterieure cingulate cortex de centrale nucleus van de amygdala (Thayer, Hansen, Saus-Rose, & Johnsen, 2009). De amygdala oefent sympathische invloed uit op het hart. Zo zorgt deze voor verhoogde hartslagfrequentie en verlaagde HRV. De preganglionaire sympathische en parasympathische neuronen van dit netwerk innervieren het hart via de stellate ganglia en de nervus vagus. De wisselwerking van deze neuronen naar de sino-atriale knop van het hart reflecteert de HRV (Saul, 1990). Benarroch (1993) linkt daarom de output van het CAN aan HRV. Verder is de prefrontale cortex verbonden met de nervus vagus, welke parasympathische innervaties heeft met het hart. Deze zorgt voor verhoogde HRV. Deze inhibitiemechanismen van de corticale structuren zijn cruciaal tijdens taken waarin executieve functies zoals werkgeheugen, aandacht shifting en responsinhibitie vereist zijn (Arnsten & Goldman-Rakic, 1998). Ook andere componenten zoals volgehouden aandacht en algemene mentale flexibiliteit zijn cruciaal voor overleving in deze hedendaagse wereld (Thayer et al., 2009). Cognitieve performantie vereist zoals reeds vermeld doelgericht gedrag en mentale flexibiliteit. Zo kan een individu aangepast reageren op omgevingseisen en efficiënt gedrag organiseren (Thayer & Lane, 2009). Onderzoekers toonden reeds aan dat mensen met hogere baseline HRV/RSA beter presteerden op taken waarbij de executieve functies uitgedaagd worden. Drieënvijftig matrozen werden toegewezen aan de lage HRV-conditie of de hoge HRV-conditie na meting van de baseline HRV gedurende 5 min (Hansen, Johnsen, & Thayer, 2003). Nadien werden zij uitgedaagd een werkgeheugentaak (twee-terug-taak) te voltooien. Deze taak bestond erin te reageren op cijfers die twee trials/cijfers daarvoor

gepresenteerd werden tijdens een opeenvolging van cijfers. Ook bij kinderen zien we zulke trend. Hoe hoger het niveau van baseline RSA of vagale toon, hoe beter de cognitieve performantie op werkgeheugentaken (Marcovitch et al., 2010). Aanvankelijk associeerden Thayer en Lane (2000) HRV enkel met aandachtsregulatie en affectieve regulatie. Affectieve regulatie weerspiegelt het focussen op belangrijke informatie en het negeren van onbelangrijke informatie gerelateerd aan externe en interne cues (Thayer & Lane, 2000). Dit is gekoppeld aan selectieve aandacht. Het instandhouden en shiften van aandacht zorgt voor die regulatie en bijgevolg voor de overleving van het organisme. De onderzoekers nemen dus aan dat aandachtsregulatie en affectieve regulatie een geïntegreerd systeem vormen met het oog op een optimale zelfregulatie en aanpassing (Thayer & Lane, 2000). Friedman (2007) toonde aan dat de cardiale vagale toon in HRV gerelateerd is aan die aandachts- en emotieregulatie. Dit allemaal samengenomen, concluderen de onderzoekers dat HRV en RSA niet zozeer enkel fysiologische regulatie registreren, maar net de integratie van fysiologische, cognitieve en affectieve regulatieprocessen. Dit noemen ze het neuroviscerale integratiemodel (Thayer & Brosschot, 2005). Daarom, in lijn met dit model en de bevindingen van Franco et al. (2014) wilden we in deze studie nagaan of neuroviscerale integratie een verklarende brug kan vormen tussen de impact van muziek op cognitieve performantie. Onze eerste hypothese luidde dat kinderen die affect-congruente muziek beluisteren cognitief beter presteren op een daaropvolgende taak. De tweede hypothese stelt voorop dat diezelfde kinderen eveneens hogere levels van RSA vertonen in respons op affect-congruente muziek. Daartegenover hypothetiseren we dat RSA daalt bij kinderen die affect-incongruente muziek beluisteren. Zij genieten dientengevolge geen cognitieve voordelen tijdens de daaropvolgende taak. Gedurende een taak waarin bijvoorbeeld het werkgeheugen van belang is, wordt RSA onderdrukt en verlaagt het niveau ervan (Overbeek, van Boxtel, & Westerink, 2014). Die flexibiliteit in het niveau van RSA zou een verklaring kunnen bieden voor de toename van de cognitieve performantie.

Methode

Deelnemers

De deelnemers bestonden uit 122 kinderen (56 jongens, 66 meisjes, bereik 6-9 jaar), waarvan 85 kinderen gerekruteerd in een basisschool te Halle (Don Bosco Halle) en 37 kinderen gerekruteerd in een basisschool te Mechelen (Ursulinen). Etniciteit, geslacht en leeftijd werden constant gehouden. Kinderen met aandachts-, leerproblemen of een diagnose ADHD/ADD kwamen niet in aanmerking. Het onderzoek werd goedgekeurd door de Commissie Medische Ethiek van het Universitair Ziekenhuis Vrije Universiteit Brussel (B.U.N. 143201523793) en één ouder per kind ondertekende de schriftelijke informed consent. De definitieve sample telde 121 participanten, wegens afwezigheid van één deelnemer op de proefdag.

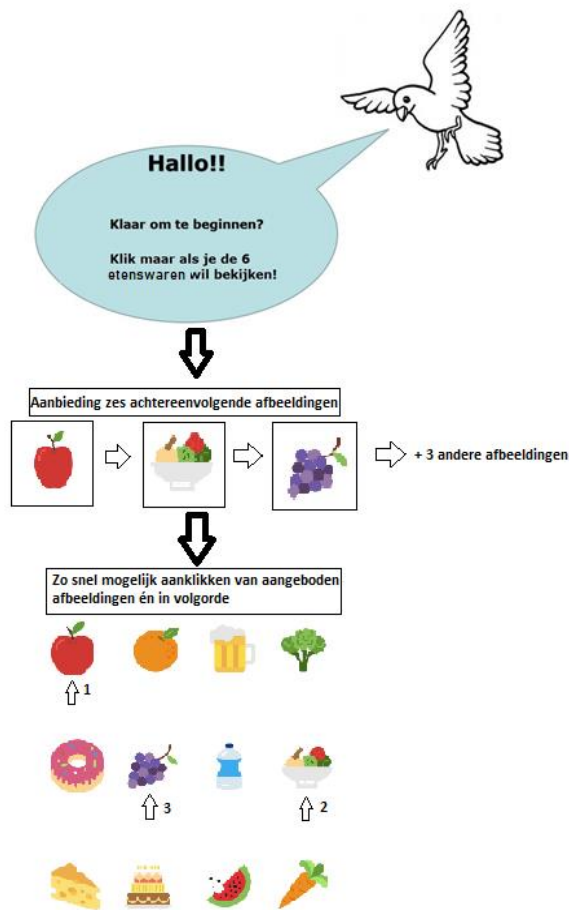
Apparatuur en materiaal

Ter registratie van het elektrocardiogram (ECG) en de ademhaling werd het mobiele BioRadio TM system (Great Lakes NeuroTechnologies Inc., Cleveland, OH, USA) gehanteerd. Deze bestaat uit een BioRadio User Unit en een Computer Unit. De User Unit heeft een draadloos dataverwervingssysteem zodat de participanten vrij kunnen bewegen. Via draadloze verbinding met een HP ENVY 13 inch laptop registreerden we de hart- en ademhalingssignalen met het computerprogramma Biocapture. De data werd opgeslagen op een USB-stick en ingevoerd in de VivoSense software versie 2.4 (Vivonoetics, San Diego, USA) voor verdere analyse.

De geschreven instructies, foto's, film- en muziekfragmenten en geheugentaak werden via Powerpoint 2016 aangeboden op een HP 17 inch laptop. Via een Roland hoofdtelefoon beluisterden de kinderen het muziekfragment. Met een Dell computermuis speelden zij het geheugenspel. In de baseline werden 20 neutrale foto's, waarin onder andere stoelen en tafels afgebeeld werden, aangewend (Dan-Glauser & Scherer, 2011). De twee gehanteerde videoclips waren fragmenten uit enerzijds de film *'The Jungle Book'* en anderzijds de film *'The Lion King'*, beiden geproduceerd door Walt Disney Feature Animation. Beide fragmenten werden getoond zonder geluid. Als muziekfragmenten maakten we gebruik van de twee fragmenten uit Franco et al. (2014) ad-hoc gecomponeerd door Joel Swaine. Op deze manier werd familiariteit ten aanzien van een gekend muziekfragment vermeden. De twee fragmenten (vrolijk en verdrietig) verschilden qua tempo en toonaard en werden in eerder onderzoek gevalideerd (Franco et al., 2014) op hun capaciteit om de beoogde emoties uit te drukken.

De gehanteerde geheugentaak "Delayed Matching To Sample Task" was een taak om

accuraatheid en reactietijd na te gaan en werd ontworpen door Andreas Fink (ir., Institut für Raumfahrtssysteme, Universiteit van Stüttgart) naar analogie van de Fruit Game gebruikt in Franco et al. (2014). Vooraleer het spel opstartte, werden volgende instructies gegeven: "Bekijk volgende zes afbeeldingen aandachtig. Onthoud welke afbeeldingen je zag en ook in welke volgorde. Nadien moet je ze terugvinden op een scherm afbeeldingen. Dit moet je zo snel mogelijk doen. Je moet dus heel hard je best doen. Als je de juiste afbeelding in de juiste volgorde aanklikt zie je een smiley met een duimpje verschijnen. Als je de verkeerde afbeelding of ze in de verkeerde volgorde aanklikt, gebeurt er niets en probeer je gewoon opnieuw". Nadat het spel opgestart werd, verscheen een vogel die uitriep: "Hallo! Klaar om te beginnen? Klik maar als je de zes afbeeldingen wil bekijken!". Daaruit vloeide een aanbieding van zes achtereenvolgend verschijnende afbeeldingen op het scherm voort. Per geheugentrial werd een ander thema gehanteerd, nl. voedsel, dieren of schoolgerief. Het kind diende deze zes afbeeldingen in de juiste volgorde te onthouden. Na de aanbieding verscheen de vogel opnieuw die "Klaar voor het spel?" vroeg. Nadien volgde een scherm waarin 12 afbeeldingen vertoond werden met daarbij de zes aangeboden afbeeldingen (zie Figuur 1). Deze zes afbeeldingen dienden zo snel mogelijk in de juiste volgorde aangeklikt te worden. In de opdracht stonden accuraatheid en reactietijd dus centraal. Accuraatheid stond voor het aantal aangeklikte afbeeldingen. Hoe minder aangeklikte afbeeldingen, hoe accurater de taak voltooid werd. Indien een score van "6" voor accuraatheid het geval was, spraken we van een perfecte accuraatheid aangezien maximum zes afbeeldingen aangeboden werden. De reactietijd was de benodigde tijd om de taak te vervullen. De vogel sloot het spel af door "Heel goed gedaan!" uit te roepen.



Figuur 1. Principe geheugentaak.

Opname van de fysiologische signalen

Voor de registratie van de fysiologische signalen werd een standaard single-channel ECG registratie gebruikt. De elektrodes werden geplaatst in correspondentie met de configuratie van Einthoven, Fahr en de Waart (1913). Om het ECG te registreren, werden drie elektroden geplaatst, waarvan één elektrode op de rechterbovenzijde, één op de linkeronderzijde en een derde elektrode (grounding) op de linkerbovenzijde van de borstkas. Een low pass Bessel filter order 4 met een cut-off van 100 Hz werd gehanteerd voor de ECG en voor de ademhaling een lowpass Bessel filter order 2 met een cutoff op 1 Hz. Ter registratie van de ademhaling werden twee ademhalingsbanden gehanteerd, nl. een thorax-band aangebracht ter hoogte van de borstkas en een abdominale band ter hoogte van de buik om de bewegingen van de ademhaling te registreren.

Procedure

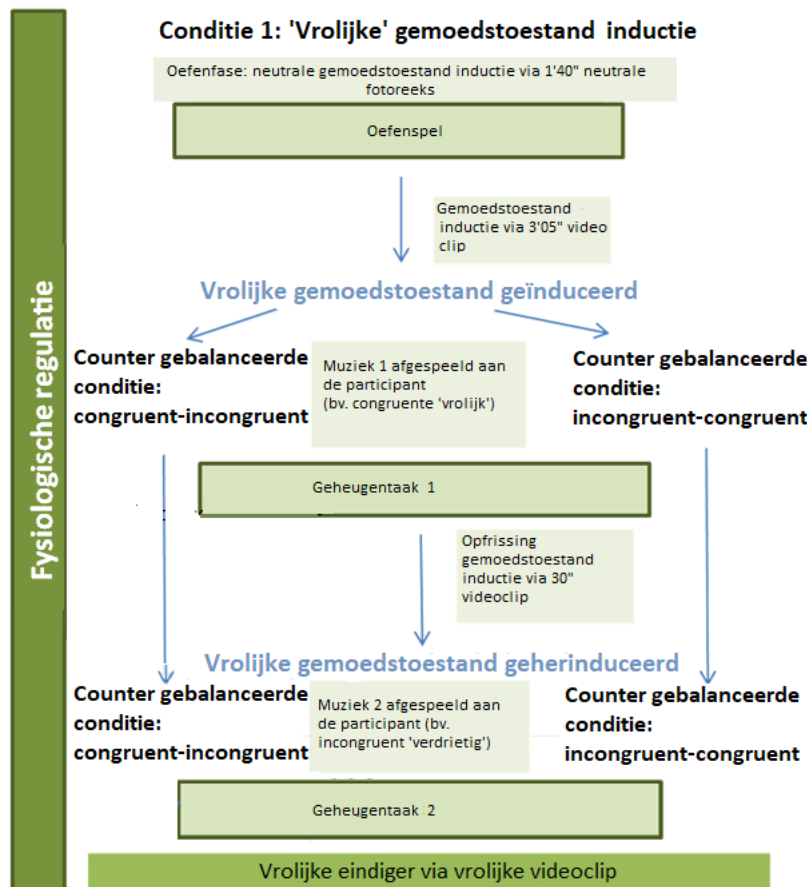
De deelnemers werden at random toegewezen aan één van de vier condities. De vrolijk-congruent-incongruente conditie, ofwel "Happy Congruent Incongruent" (HCI) genoemd, werd in een vrolijke gemoedstoestand gebracht door het kijken naar een vrolijk filmfragment. Bovendien luisterden de kinderen in die conditie initieel naar een affect-congruent (vrolijk) muziekfragment. Tenslotte hoorden de kinderen een affect-incongruent (droevig) muziekfragment aan. In de vrolijk-incongruente-congruente conditie, ofwel "Happy Incongruent Congruent" (HIC) genoemd, werden de kinderen eveneens in een vrolijke gemoedstoestand gebracht, maar werd de omgekeerde procedure van HCI gevolgd. De droevig-congruent-incongruente conditie, ofwel "Sad Congruent Incongruent" (SCI) genoemd, werd in een droevige gemoedstoestand gebracht door het aanzien van een droevig filmfragment. Initieel hoorden de kinderen een affect-congruent (droevig) muziekfragment en nadien een affect-incongruent (vrolijk) muziekfragment. De droevig-incongruent-congruente conditie, ofwel "Sad Incongruent Congruent" (SIC) genoemd, volgde de omgekeerde procedure van aanbieding van type muziekfragment. Elk kind werd individueel getest in een rustig, afgezonderd lokaal. Initieel werd kennisgemaakt met de onderzoeker waarbij deze het kind uitleg verschaftte over het fysiologisch materiaal en het experiment. Na het aanbrengen van elektroden en ademhalingsbanden, nam het kind plaats op een stoel aan een tafel waarop de laptop zich bevond.

Wanneer het kind klaar was om te starten, kon het eerst kijken naar een korte recapitulatie van het verloop van het experiment met verbale toelichting waarna werd nagegaan of het kind het principe van het experiment begreep. Bovendien kreeg het kind de kans om vragen te stellen. Om het kind te laten oefenen met het geheugenspel, werd een opwarmspel gestart. Het principe bestond erin drie achtereenvolgend aangeboden afbeeldingen van een zon, een paddenstoel en regendruppels te onthouden. Daaruit vloeide een scherm met zes afbeeldingen voort waarin die drie vooraf aangeboden afbeeldingen getroffen konden worden. Zo snel mogelijk diende het kind deze drie afbeeldingen in de juiste volgorde van de vorige aanbieding aan te klikken. Indien een juiste afbeelding werd aangeklikt, verscheen een smiley met een duimpje. Anderzijds gebeurde er niets indien een foutieve afbeelding verkozen werd. Dit mechanisme geldt ook voor de volgende geheugenspelen.

Vervolgens startte de oefenfase. Hierbij bekeek elk kind 20 neutrale foto's gedurende 1 min 40 sec, waarvan elke foto vijf seconden werd aangeboden. Het doel van deze fotoreeks was om een neutrale gemoedstoestand te induceren. Aansluitend volgde het oefenspel ter oefening waarvan het

werkingsmechanisme wederom werd uitgelegd. Dit spel verschilde qua hoeveelheid te onthouden afbeeldingen van het opwarmspel. Hier dienden de deelnemers zes afbeeldingen van dieren te onthouden. Opnieuw werd het kind erg aangemoedigd om op zijn of haar uiterste best te presteren. Zes afbeeldingen werden achtereenvolgens aangeboden waarna deze in de juiste volgorde aangeklikt dienden te worden op een scherm met twaalf afbeeldingen. Ditzelfde principe komt overeen met de definitieve testing. Nadien volgde de definitieve testing die twee trials impliceerde. In de eerste trial kregen de deelnemers een filmpje, een type muziekfragment en nadien een in dezelfde trant als het oefenspel geheugentaak aangeboden. Afhankelijk van de aard conditie aanschouwden de kinderen een filmfragment uit *The Jungle Book*, ofwel een stuk uit *The Lion King* dat éénieder 3 min 5 sec duurde. In de HCI-conditie en de HIC-conditie doelden we een vrolijke gemoedstoestand te verschaffen met behulp van een videoclip uit *the Jungle Book*. Daarentegen aanschouwden de deelnemers uit de SCI-conditie en de SIC-conditie een videoclip uit *The Lion King* om een droevige gemoedstoestand te induceren. Na het bekijken van het filmfragment werd het kind verzocht aan te geven in welke gemoedstoestand (vrolijk/verdrietig) deze verkeerde. Aan de hand van het wijzen naar een op de Powerpoint aangeboden vrolijke en verdrietige smiley werd de huidige gemoedstoestand ter kennis gebracht. Vervolgens speelde zich een affect-congruent muziekfragment (vrolijk/verdrietig) af op een wit scherm gedurende 1 min 25. De kinderen in HCI en SCI kregen een affect-congruent muziekfragment toegediend. Anderzijds hoorden de deelnemers in HIC en SIC een affect-incongruent muziekfragment aan. Daaropvolgend legden zij de geheugentaak af.

In de tweede trial kregen de kinderen een verkorte versie van hetzelfde filmfragment te zien (30 sec) met als doel, indien nodig, de emotie opnieuw te induceren zonder dat dit als vervelend zou worden ervaren. Daarna kregen de kinderen het andere muziekfragment te horen. Dit betekent concreet dat de kinderen in HCI en SCI een affect-incongruent muziekfragment aanhoorden. De kinderen in HIC en SIC beluisterden een affect-congruent muziekfragment. Uiteindelijk voltooiden de kinderen een tweede maal de geheugentaak. Ter afsluiting van het experiment kregen de kinderen een vrolijk muziekfragment toegediend om elk kind in een vrolijke gemoedstoestand te laten verkeren. Ter bedanking om de deelname ontvingen ze een snoepje (zie Figuur 2). ECG en ademhaling werden geregistreerd gedurende het ganse verloop van het experiment.



Figuur 2. Voorbeeld van het verloop in de 'vrolijk-congruent-incongruente conditie' (HCI).

Fysiologische signalen

Alle hart- en ademhalingsignalen werden visueel geïnspecteerd op artefacten en foute detecties. Voor de analyse bepaalden we het RR-interval (RRI), welke het tijdsinterval tussen twee opeenvolgende R-pieken van de hartslag weergeeft. Verder calculeerden we respiratoire sinus aritmie (RSA) en ademhalingsfrequentie (fR) gedurende alle evenementen. Met gepatenteerde algoritmes analyseerden we de opgenomen signalen in de VivoSense software (Vivonoetics, San Diego, USA), die R-pieken detecteert en RSA berekent met een derivaatgebaseerd algoritme dat instaat voor de schending van het Nyquist-criterium¹ (Rother, Witte, Zwiener, Eiselt, & Fischer, 1989). Ademhalingen zonder detecteerbare peak-valley RSA scoort Vivosense als nul. De timing van het interval tussen de gedetecteerde R-pieken werd gebruikt om het RRI te genereren. Tijdens de aanbidding van het filmfragment, het muziekfragment en de geheugentaak werden fR, RRI en RSA

¹ De noodzaak om de sampling rate minstens twee keer zo hoog in te calculeren dan de frequentie waarin men geïnteresseerd is. De sampling rate of bemonsteringsfrequentie is het aantal keer een signaal per seconde opgenomen wordt.

bepaald. Voor RSA werd de peak-valley methode gebruikt, d.i. het gemiddelde verschil tussen het kortste RR-interval gekoppeld met inademing en het langste RR-interval gekoppeld met uitademing tijdens elke ademhalingscyclus (Grossman, Vanbeek, & Wientjes, 1990).

Data-voorbereiding

De noodzaak bestaat om de impact van zuiver ademhalingsgerelateerde effecten uit de RSA-data te filteren, aangezien ze een vertekend beeld kan weergeven van de waarde van RSA. Willekeurige en spontane ademhalingsfrequenties oefenen invloed uit op deze parameter waardoor ze fungeert als een confounding variabele in de relatie tussen RSA en vagale toon (Grossman & Taylor, 2007). Om potentiële effecten van ademhalingsfrequentie op RSA na te gaan, werd een lineaire regressie uitgevoerd om de impact van fR op RSA na te gaan op de gemiddeldes van de data van elk experimenteel blok. Deze benadering is consistent met een vorig gepubliceerde methodologie (Grossman & Taylor, 2007; Van Puyvelde et al., 2014, 2015). Van deze regressies werden residuen geaccumuleerd en gebruikt om het effect van ademhalingsfrequentie op RSA te controleren (Grossman, Karemaker, & Wieling, 1991; Grossman & Taylor, 2007). De mogelijke relatie tussen ademhaling en RSA die vroeger beschreven werd, is groter binnen dan tussen individuen. Daarom moet een correctie van RSA op de ademhalingsparameters gemaakt worden aangezien de relatie tussen ademhaling en RSA erg kan verschillen tussen individuen (Grossman et al., 1991). Bovendien werd een within-subjects z-transformatie toegepast naar analogie met vorige gepubliceerde methodologieën (bv., Bush, Hess, & Wolford, 1993; Van Puyvelde et al., 2014, 2015).

Statistische analyse

Voor alle statistische analyses, werd de assumptie van normaliteit getest aan de hand van de Kolmogorov-Smirnov test. Aan de hand van de Levene's test en de Mauchly's test werd de assumptie van sfericiteit getest. Voor de significantietesten werd een alfa-level van .05 gehanteerd. Partial eta-squared (ηp^2) werd gebruikt om de effectgrootte voor ANOVA te evalueren. Deze evalueert de variantieproportie voor elke variabele. De cut-offs voor ηp^2 zijn .01, .06 en .14 die een klein, gemiddeld en grote effectgrootte weerspiegelen (Cohen, 1988). Post hoc testen werden gebruikt om paarsgewijze vergelijkingen uit te voeren met de p-waarde voor significantie aangepast met de Bonferroni correctie.

Om het effect van de condities en de taak op de cognitieve performantie en de benodigde tijd om het spel te voltooien na te gaan, werd een repeated measures 2 x 4 Mixed ANOVA design

(taak [TAAK 1, TAAK 2] x CONDITIE [HCI, HIC, SCI, SIC]) met taak als within subjects variabele en conditie als between subjects variabele gebruikt. Taak en conditie zijn de onafhankelijke variabelen. Het aantal klikken en de tijd zijn de afhankelijke variabelen, welke gestandaardiseerd werden en waarop analyses met z-scores werden uitgevoerd.

Om het aantal klikken en de benodigde tijd om de taak te voltooien bij de affect-congruente en affect-incongruente condities te vergelijken, werd een onafhankelijke t-test gebruikt met onafhankelijke variabele conditie (incongruent, congruent) en afhankelijke variabelen aantal klikken en tijd nodig om de taak te voltooien.

Om het effect van de condities op RSA, RRI en fR na te gaan, werd een repeated measures 6 x 4 Mixed ANOVA design (verloop [OEFENSPEL, FILM, TAAK1, MUZIEK1, TAAK2, MUZIEK2] x CONDITIE [HCI, HIC, SCI, SIC]) gebruikt met verloop als within subjects variabele en conditie als between subjects variabele. Verloop en conditie zijn de onafhankelijke variabelen. RSA, RRI en fR zijn de afhankelijke variabelen. Met behulp van de change-formule, werden de zes variabelen voor het verloop van de verandering van RSA, RRI en fR tussen de condities aangemaakt. Deze formule wordt op volgende manier berekend: $[(X-Y)/Y]*100$. Concreet toegepast ziet ze er zo uit: $[(OEFENSPEL-FILM)/FILM]*100$; $[(FILM-TAAK1)/TAAK1]*100$; ...

Om het effect van affect-(in)congruente muziek na te gaan op de RSA van de condities, werd een onafhankelijke t-test gebruikt met als onafhankelijke variabele conditie (congruent, incongruent) en als afhankelijke variabele RSA.

Om het effect van affect-(in)congruente muziek en de condities na te gaan op de fysiologische gebeurtenissen, werd een repeated measures 2 x 4 Mixed ANOVA design (muziek [MUZIEK1, MUZIEK2] x CONDITIE [HCI, HIC, SCI, SIC]) met muziek als within subjects variabele en conditie als between subjects variabele gebruikt. Muziek en conditie waren de onafhankelijke variabelen. RSA, RRI en fR waren de afhankelijke variabele.

Om het effect van het type muziek en de gemoedstoestand na te gaan op de RSA van de condities, werd een onafhankelijke t-test gebruikt met als onafhankelijke variabele type muziek en als afhankelijke variabele RSA.

Om de invloed van de gemoedstoestand (vrolijk/verdrietig) en de taak (taak 1/taak 2) na te gaan, werd een 2 x 2 repeated measures Mixed ANOVA design (taak [TAAK1, TAAK2] x GEMOEDSTOESTAND [VROLIJK, VERDRIETIG]) met taak als within subjects variabele en gemoedstoestand als between subjects variabele. Taak en gemoedstoestand zijn de onafhankelijke variabelen. Het aantal klikken is de afhankelijke variabele.

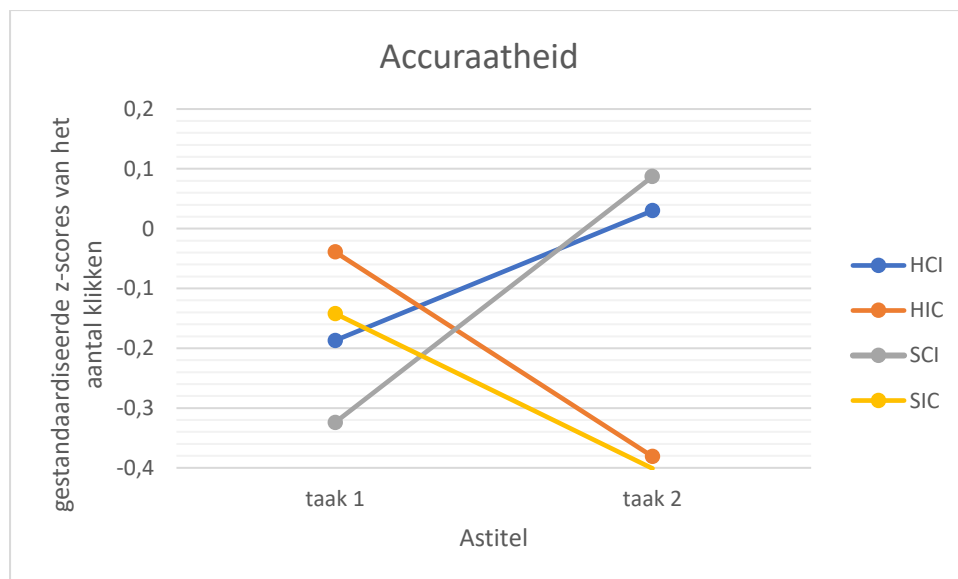
Om de relatie tussen het type muziek en het aantal klikken te bestuderen, werd een onafhankelijke t-test gebruikt met type muziek als onafhankelijke variabele en aantal klikken als afhankelijke variabele.

Resultaten

Impact van affect-congruente en affect-incongruente muziek op de cognitieve performantie: accuraatheid en reactietijd

De ruwe data van de cognitieve variabelen, nl. het aantal klikken (accuraatheid) en de benodigde tijd om de taak te voltooien (reactietijd) werden gestandaardiseerd en geanalyseerd aan de hand van z-scores. Outliers werden verwijderd op niveau van alfa-level $p = .001$, z-score +/- 2.58. Hoe lager het aantal klikken, hoe hoger de accuraatheid.

Accuraatheid. Met een 2 x 4 repeated measures Mixed ANOVA design (taak [TAAK 1, TAAK 2] x CONDITIE [HCI, HIC, SCI, SIC]) met taak als within subjects variabele en conditie als between subjects variabele was er een significant interactie-effect tussen het aantal klikken en de condities. In de affect-congruente condities waren er een significant aantal minder klikken dan in de affect-incongruente condities, $F(3,102) = 4.84$, $p = .003$, $\eta^2 = .13$, welke een gemiddelde effectgrootte representeerde (Cohen, 1988) (Zie figuur 3).

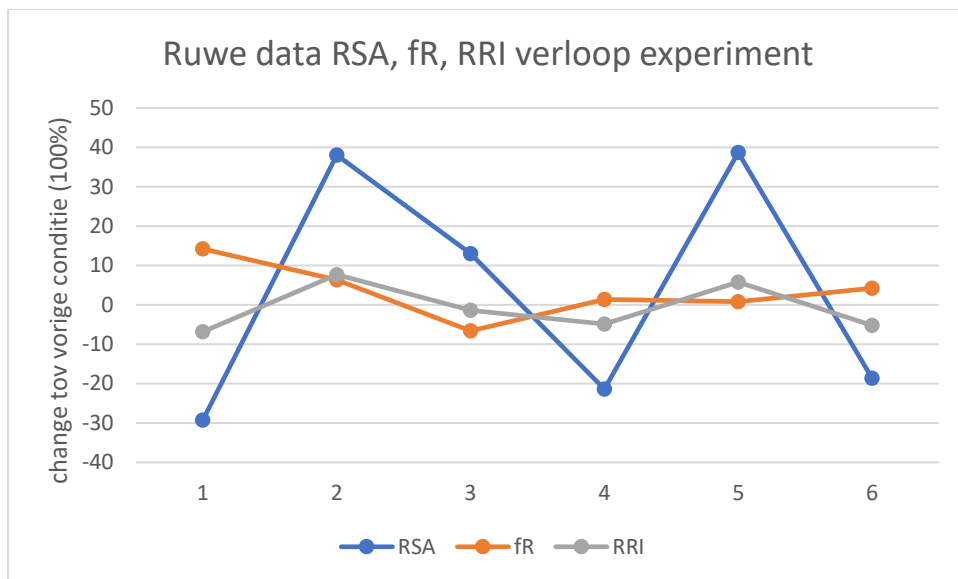


Figuur 3. Aantal klikken tijdens taak 1 en taak 2 volgens de verschillende condities.

Reactietijd. Met een 2 x 4 repeated measures Mixed ANOVA design (taak [TAAK 1, TAAK 2] x CONDITIE [HCI, HIC, SCI, SIC]) met taak als within subjects variabele en conditie als between subjects variabele was er geen significant hoofdeffect van de tijd nodig om de test af te leggen op de condities: $F(1,110) = 0.01$, $p = .914$, $\eta^2 = .000$. Bovendien bestond er geen significant interactie-effect tussen de tijd nodig om de test af te leggen en de condities, $F(3,110) = 1.48$, $p = .224$, $\eta^2 = .04$.

Impact van affect-congruente en affect-incongruente muziek op de fysiologische responsen

Algemeen verloop ruwe data. Vooraleer naar de hypothesen over te gaan, presenteren we een overzicht van het algemeen verloop van de ruwe data over de verschillende condities voor RSA, RRI en fR (zie Figuur 4 en Tabel 1). Met een 6 x 4 repeated measures Mixed ANOVA design (verloop [OEFENSPEL, FILM, TAAK1, MUZIEK1, TAAK2, MUZIEK2] x CONDITIE [HCI, HIC, SCI, SIC]) met verloop als within subjects variabele en conditie als between subjects variabele vergeleken we het verloop van de fysiologie binnen en tussen condities. Voor het verloop van verandering van RSA tegenover elke vorige conditie, indiceerde Mauchly's test dat de assumptie van sfericiteit geschonden werd, $\chi^2(14) = 296.01$, $p < 0.001$. Daarom werden de vrijheidsgraden via de Greenhouse-Geisser schattingen van sfericiteit gecorrigeerd ($\varepsilon = .548$). Er bestond een significant hoofdeffect van het verloop van RSA binnen condities, $F(5,550) = 55.89$, $p < .001$, $\eta p^2 = .34$, welke een grote effectgrootte representeerde (Cohen, 1988). Voor het verloop van verandering van ademhalingsfrequentie tegenover elke vorige conditie, indiceerde Mauchly's test dat de assumptie van sfericiteit geschonden werd, $\chi^2(14)=169.28$, $p < .001$. Vrijheidsgraden werden verbeterd gebruikmakend van de Greenhouse-Geisser schattingen van sfericiteit ($\varepsilon = .685$). Er was een significant hoofdeffect van verandering van ademhalingsfrequentie over het verloop van de testing binnen condities $F(5,570) = 11.98$, $p < .001$, $\eta p^2 = .10$, welke een gemiddelde effectgrootte representeerde (Cohen, 1988). Voor het verloop van verandering van RRI-interval tegenover elke vorige conditie, indiceerde Mauchly's test dat de assumptie van sfericiteit geschonden werd, $\chi^2(14) = 361.47$, $p < .001$. Vrijheidsgraden werden gecorrigeerd gebruikmakend van de Greenhouse-Geisser schattingen van sfericiteit ($\varepsilon = .402$). Er bestond een significant hoofdeffect van verandering van RRI-interval over de verschillende condities, $F(5,570) = 89.33$, $p < .001$, $\eta p^2 = .44$, welke een grote effectgrootte representeerde (Cohen, 1988). Aangezien ademhaling de waarde van RSA beïnvloedde, kozen we ervoor om de ademhaling uit de RSA te filteren (Van Puyvelde et al., 2014). Vanaf nu zullen we kortweg van RSA spreken om te verwijzen naar RSA gecontroleerd voor ademhalingsinvloeden.



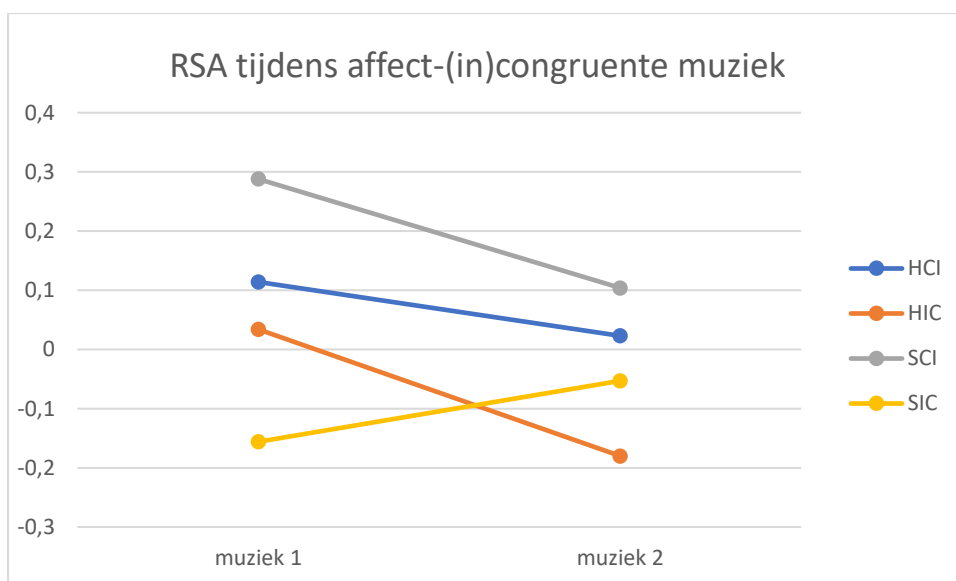
Figuur 4. Algemeen verloop fysiologie over de condities. 1 = OEFENSPEL, 2 = FILM, 3 = EERSTE MUZIEKFRAGMENT, 4 = EERSTE TAAK. 5 = TWEEDE MUZIEKFRAGMENT, 6 = TWEEDE TAAK.

Tabel 1

Ruwe data verloop fysiologie

Ruwe data	<i>N</i>	TAAK <i>M</i> (<i>SD</i>)	FILM <i>M</i> (<i>SD</i>)	MUZIEK 1 <i>M</i> (<i>SD</i>)	TAAK 1 <i>M</i> (<i>SD</i>)	MUZIEK 2 <i>M</i> (<i>SD</i>)	TAAK 2 <i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>p</i>	<i>ηp</i> ²
RSA	114	-29.25 (25.840)	38.08 (59.574)	13.01 (37.966)	-21.40 (27.571)	38.68 (57.276)	-18.62 (25.671)	< .001	.34
fR	114	14.21 (20.213)	6.37 (23.821)	-6.61 (15.234)	1.43 (17.293)	0.84 (17.591)	4.22 (25.486)	< .001	.10
RRI	114	-6.83 (6.238)	7.68 (7.280)	-1.35 (3.821)	-4.88 (6.478)	5.81 (8.487)	-5.19 (5.921)	< .001	.44

Impact van affect-congruente en affect-incongruente muziek op RSA. Met een 2 x 4 repeated measures Mixed ANOVA design (muziek [MUZIEK1, MUZIEK2] x CONDITIE [HCI, HIC, SCI, SIC]) met muziek als within subjects variabele en conditie als between subjects variabele, vonden we een significant interactie-effect op RSA (zie Figuur 5), $F(3,109) = 2.69$, $p = .05$, $\eta p^2 = .07$, welke een gemiddelde effectgrootte representerende (Cohen, 1988). Tijdens de affect-congruente muziek bedroeg de waarde van RSA significant meer dan tijdens de affect-incongruente muziek in elke conditie, behalve voor HIC. In beide droevige condities bedroeg de waarde van RSA significant meer in de affect-congruente condities (SCI: $M = 0.28$, $SD = 0.77$; SIC: $M = -0.05$, $SD = 0.75$) dan in de affect-incongruente condities (SCI: $M = 0.10$, $SD = 0.67$; SIC: $M = -0.16$, $SD = 0.77$). Wat betreft de vrolijke condities bedroeg de waarde van RSA significant meer in de affect-congruente conditie ($M = 0.11$, $SD = 0.74$) dan in de affect-incongruente conditie ($M = 0.02$, $SD = 0.65$) van HCI, maar niet van HIC. De waarde van RSA bedroeg nl. minder in de affect-congruente conditie ($M = -0.18$, $SD = 0.74$) dan in de affect-incongruente conditie ($M = 0.03$, $SD = 0.83$).



Figuur 5. RSA tijdens affect-(in)congruente muziek.

Invloed van affect-congruente en affect-incongruente muziek op RRI en fR. Met een 2 x 4 repeated measures Mixed ANOVA (muziek [MUZIEK1, MUZIEK2] x CONDITIE [HCI, HIC, SCI, SIC]) met muziek als within subjects variabele en conditie als between subjects variabele vonden we geen significant effect op RRI tijdens de aanbieding van de affect-congruente en affect-incongruente muziekfragmenten over de verschillende condities, $F(3,116) = 0.14$, $p = .936$, $\eta p^2 = .004$. Insgelijks voor de ademhalingsfrequentie, $F(3,116) = 0.89$, $p = .449$, $\eta p^2 = .02$. Tijdens het

beluisteren van de affect-congruente muziek bedroegen de waardes van RRI en fR niet significant meer dan tijdens het beluisteren van de affect-incongruente muziek, in geen van de condities.

Cognitieve load

Accuraatheid. Gezien de grafiek in Figuur 2 deed vermoeden dat de impact van incongruente en congruente muziek groter bleek tijdens taak 2 dan tijdens taak 1, voerden we twee extra onafhankelijke t-tests uit die het verschil in accuraatheid nagingen tussen de affect-congruente condities en affect-incongruente condities in taak 1 en taak 2. Deze t-testen wezen op een significant verschil in accuraatheid tussen de affect-congruente ($M = 0.06$, $SD = 0.93$) en affect-incongruente condities ($M = -0.39$, $SD = 0.61$) tijdens de tweede geheugentaak, $t(104) = 2.96$, $p = .004$ maar niet tijdens de eerste geheugentaak (affect-congruente condities, $M = -0.26$, $SD = 0.55$ en affect-incongruente condities, $M = -0.09$, $SD = 0.65$), $t(104) = -1.48$, $p = .143$. Dit wijst er mogelijk op dat de impact van affect-congruente muziek of affect-incongruente muziek enkel aanwezig is in taken van verhoogde cognitieve load.

Snelheid. Er was geen significant verschil tussen de affect-congruente ($M = 28559.74$, $SD = 14747.79$) en affect-incongruente condities in reactietijd op de tweede geheugentaak ($M = 30299.76$, $SD = 16693.99$), $t(112) = -0.59$, $p = .556$.

RSA. RSA was significant hoger tijdens de affect-congruente taak ($M = -0.24$, $SD = 0.62$) dan tijdens de affect-incongruente taak ($M = -0.46$, $SD = 0.53$), zowel tijdens de eerste geheugentaak, $t(115) = 2.088$, $p = .039$ als tijdens de tweede geheugentaak (affect-congruente, $M = -0.14$, $SD = 0.78$ en affect-incongruente condities, $M = -0.44$, $SD = 0.64$, $t(113) = 2.28$, $p = .024$). Dit is in overeenstemming met het fysiologisch verloop gepresenteerd in Figuur 3. Dit wijst erop dat ondanks er een herhaalde taak is, een verwachte habituatie in de fysiologische reactiviteit niet optreedt en er dus mogelijk verhoogde cognitieve load wordt ervaren. Dit wordt bevestigd door een significant volgorde-effect van het eerste naar het tweede muziekfragment. RSA was significant lager tijdens het tweede muziekfragment dan het eerste ($F(1, 109) = 4,823$, $p = .030$, $\eta p^2 = .04$).

Het verschil in RSA tijdens het luisteren naar affect-congruente muziek ten opzichte van affect-incongruente muziek was significant, zowel tijdens de eerste aanbieding van de muziek als de tweede aanbieding. Tijdens de eerste aanbieding was RSA significant hoger tijdens affect-congruente muziek ($M = 0.26$, $SD = 0.82$) dan tijdens affect-incongruente muziek ($M = -0.048$, $SD = 0.77$), $t(115) = 2.11$, $p = .037$. Tijdens de tweede aanbieding was RSA significant hoger tijdens affect-congruente muziek ($M = 0.13$, $SD = 0.75$) dan tijdens de affect-incongruente condities, $M = -0.17$,

$SD = 0.79$, $t(115) = 2.105$, $p = .037$. De impact van congruente of incongruente muziek op RSA was dezelfde tijdens de eerste en tweede taak.

Invloed initieel baseline niveau RSA

Om na te gaan of er een verschil was in het initieel baseline niveau tussen de 4 condities HCI, HIC, SCI en SIC voerden we een One-way ANOVA met conditie als between subjects variabele [HCI, HIC, SCI en SIC] en RSA als afhankelijke variabele. Er was geen significant verschil in het niveau van baseline tussen de vier groepen, $F(3,116) = .349$, $p = .79$. Bovendien wees een Pearson regressietest erop dat er geen relatie was tussen het initieel baseline niveau RSA en accuraatheid, $r = -.35$, $p = .723$. Daarnaast was er geen relatie tussen het initieel baseline niveau RSA en de reactietijd, $r = -.04$, $p = .659$.

Invloed type muziek en gemoedstoestand op RSA.

Om na te gaan of de aard van de muziek, namelijk vrolijk of droevig, onafhankelijk van het feit of ze congruent of incongruent was een effect had op RSA, voerden we een onafhankelijke t-test uit in beide aangeboden muziekfragmenten met als onafhankelijk variabele het type van de muziek, vrolijk of droevig en als afhankelijke variabele RSA. We vonden geen significant effect van het eerst aangeboden type muziek (vrolijk: $M = -0.02$, $SD = 0.74$; of verdrietig: $M = 0.16$; $SD = 0.80$) op de RSA, $t(111) = -1.27$, $p = .206$. Eveneens bestond er geen significant effect van het tweede aangeboden type muziek (vrolijk: $M = -0.04$, $SD = 0.71$, verdrietig: $M = -0.02$, $SD = 0.70$) op de RSA van de participanten, $t(111) = -0.15$, $p = .880$.

Om na te gaan of de geïnduceerde gemoedstoestand een effect had op RSA, onafhankelijk van het feit of er nadien naar congruente of incongruente muziek werd geluisterd, voerden we een onafhankelijke t-test uit in beide aangeboden muziekfragmenten met als onafhankelijk variabele de inductie van gemoedstoestand. Een onafhankelijke t-test vond geen significant verschil in RSA tussen de gemoedstoestanden, nl. vrolijk ($M = 0.15$, $SD = 0.86$) en verdrietig ($M = 0.23$, $SD = 1.02$), $t(1,118) = -0.48$, $p = .634$. Tijdens de aanbieding van het tweede muziekfragment vonden we eveneens geen significant verschil in RSA tussen de gemoedstoestanden 'vrolijk' ($M = 0.81$, $SD = 0.81$) en 'verdrietig' ($M = 0.20$, $SD = 1.01$), $t(117) = -1.17$, $p = .245$.

Invloed gemoedstoestand op accuraatheid.

Om te controleren of de cognitieve effecten wel degelijk het gevolg waren van de congruente conditie en niet van de geïnduceerde gemoedstoestand of het type van de muziek afzonderlijk, testten we de invloed van respectievelijk de gemoedstoestand en het type muziek op de accuraatheid.

Met een 2 x 2 repeated measures Mixed ANOVA design (taak [TAAK1, TAAK2] x GEMOEDSTOESTAND [VROLIJK, VERDRIETIG]) met taak als within subjects variabele en gemoedstoestand als between subjects variabele, bestond er geen significant hoofdeffect van de gemoedstoestand op accuraatheid, $F(1,104) = 0.14$, $p = .714$. Bovendien bestond er geen interactie-effect, $F(1,104) = 1.04$, $p = .310$.

Invloed type muziek op accuraatheid.

Een onafhankelijke t-test vond geen significant verschil tussen de types muziek (vrolijk: $M = -0.17$, $SD = 0.63$; verdrietig: $M = -0.19$, $SD = 0.58$) in accuraatheid op de eerste taak, $t(1,104) = 0.17$, $p = .867$. De tweede taak leverde eveneens geen significant verschil op in gemiddeldes qua type muziek (vrolijk: $M = -0.14$, $SD = 0.79$; verdrietig: $M = -0.16$, $SD = 0.88$), $t(1,104) = 0.13$, $p = .898$.

Discussie

In deze studie onderzochten wij het effect van het luisteren naar affect-(in)congruente muziek op de cognitieve prestatie en fysiologie (RSA, RRI en fR) van zes- tot negenjarige kinderen. Affect-(in)congruente muziek is muziek die emoties opwekt die al dan niet aansluiten aan iemands huidige gemoedstoestand. Met behulp van een kort filmfragment induceerden we bij de kinderen een vrolijke of droevige gemoedstoestand. In 96% van de gevallen rapporteerden de kinderen dat de gewenste gemoedstoestand inderdaad geïnduceerd werd. Daaropvolgend werd vrolijke en droevige muziek afgespeeld om de kinderen in een affect-(in)congruente staat te laten verkeren. Om de cognitieve prestatie te operationaliseren, gebruikten we een geheugentaak die de kinderen voltooiden na de toediening van het muziekfragment. Onze eerste hypothese luidde dat het luisteren naar affect-congruente muziek de cognitieve prestatie aanzienlijk zou verbeteren. De tweede hypothese hield in dat het luisteren naar affect-congruente muziek de waarde van RSA zou verhogen.

Onze eerste hypothese werd bevestigd. Kinderen die affect-congruente muziek beluisterden, presteerden significant accurater op de geheugentaak dan wanneer ze affect-incongruente muziek beluisterden. Er was echter geen effect op de reactietijd. Met andere woorden was er geen verschil in benodigde tijd om de taak te vervullen tussen de affect-congruente en affect-incongruente condities. Een gelijkaardig positief effect op cognitieve prestaties werd gevonden in de studie van Franco et al. (2014). Rauscher, Shaw, & Ky (1993) vonden een verbetering in cognitieve prestatie na het luisteren naar Mozart terwijl Steele, Bas en Crook (1999) geen Mozart-effect vonden maar wel een effect van gemoedstoestand. Onze bevindingen, aansluitend met die van Franco et al. (2014), maken de brug tussen beide resultaten. Cognitieve prestatie blijkt te verbeteren indien de gemoedstoestand van de luisteraar overeenstemt met de emotie gepercipieerd in de muziek. Dit weerlegt dus tevens de stelling dat enkel het beluisteren van vrolijke muziek en zelfs non-auditieve stimuli die een positieve gemoedstoestand en een hoge arousal induceren (Thompson et al., 2001) al cognitief voordeel biedt (Nantais & Schellenberg, 1999).

De fysiologie mee in rekening genomen, bedroeg de waarde van RSA meer in de affect-congruente condities dan in de affect-incongruente condities enkel wat betreft de droevige condities (SCI en SIC) tijdens het luisteren naar muziek. Het effect van affect-congruentie werkt dus enkel in de droevige condities. Daarnaast bedroeg de waarde van RSA in de vrolijke condities meer in de affect-congruente conditie dan in de affect-incongruente conditie in HCI, maar niet in HIC. Dit

bevestigt onze tweede hypothese deels. Onze hypothese ging er namelijk van uit dat de waarde van RSA in elke affect-congruente conditie hoger was dan in de affect-incongruente condities. Toch bedroeg de waarde van RSA in HIC meer in de affect-incongruente condities dan in de affect-congruente condities tijdens het luisteren naar muziek. Onze resultaten spreken de studie tegen waarin gevonden werd dat zowel vrolijke én droevige muziek de waarde van RSA zouden laten dalen (Krumhansl, 1997). We kunnen voor het feit dat de waarde van RSA in HIC meer bedroeg in de affect-incongruente conditie dan in de affect-congruente conditie drie mogelijke verklaringen bieden.

De eerste mogelijkheid -en waarschijnlijk de meest plausibele- kan gezocht worden in de hypothese dat het effect van affect-congruente muziek sterker doorwerkt in een conditie met droevige gemoedsinductie en droevige muziek dan in een conditie met vrolijke gemoedsinductie gecombineerd met vrolijke muziek. Zoals hierboven aangegeven, vonden we inderdaad een impact van affect-congruente droevige condities. Zowel in SCI als SIC gaven de resultaten een hogere waarde van RSA aan in de affect-congruente conditie dan in de affect-incongruente conditie. In een studie van Taylor (1991) werd eveneens gerapporteerd dat negatieve emoties veel meer fysiologische activatie veroorzaken dan positieve emoties. Bovendien suggereerde Kreibig dat droeve gemoedsinducties een robuuster patroon van verlaagde hartslag en een verhoogde RSA met zich mee kunnen brengen maar dat fysiologische responsen ten gevolge van gemoedstoestandsinducties eerder divers en/of moeilijker te bekomen zijn (Kreibig, 2010). Gemoedstoestand zou nl. geen motivationele factoren met zich meebrengen waardoor fysiologische responsen afwezig zijn tijdens de inductie. Bovendien bestaat er nog steeds geen eenduidige relatie tussen emoties en een bepaalde organisatie van het autonoom zenuwstelsel (Kreibig, 2010). Mogelijks is een cross-modale (namelijk visueel en auditief) congruente droeve gemoedsinductie wel sterk genoeg om een RSA-respons te induceren gezien het een dubbele maar ook congruente stimulatie is. Echter, desondanks fysiologische regulatie of verhoogde RSA dus niet optrad in de affect-congruente conditie van de HIC conditie, presteerden de kinderen toch beter na het horen van affect-congruente muziek op de daaropvolgende geheugentaak. Dit is in overeenstemming met de studie van Gendolla en Brinckmann (2005) die een effect vonden van gemoedsinductie op cognitief niveau zonder cardiovasculaire reactiviteit (Gendolla & Brinckmann, 2005). Een factor die dit effect versterkt zou kunnen hebben is mogelijks het feit dat de cognitieve load nog niet zo hoog lag tijdens de eerste taak. Cognitieve load staat voor de "mentale lading" van het werkgeheugen (Paas, Renkl, & Sweller, 2003). Ze heeft namelijk een beperkte capaciteit: hoe meer informatie

verwerkt wordt, hoe sneller het werkgeheugen uitgeput raakt (Paas et al., 2003). Zo werd ook in de resultaten besproken dat het effect van de affect-congruente muziek op de cognitieve performantie enkel tijdens de tweede taak gecreëerd werd waarin dan ook een verhoogde cognitieve load werd ervaren. Gezien die verhoogde cognitieve load was er geen sprake van fysiologische habituatie wat resulteerde in een rigider RSA-patroon.

Ten tweede zou het kunnen dat de vrolijke gemoedstoestandsinductie niet sterk genoeg was. Bijgevolg konden de kinderen zich in een arbitraire gemoedstoestand bevinden waardoor de daaropvolgende congruente of incongruente muziek geen extra impact had. In een studie van Silvestrini en Gendolla (2007) vond men ook geen verschil in RSA in de vrolijke conditie in vergelijking met de baseline bij het vertonen van grappige filmfragmenten van de film *Naked Gun 2-1/2* die 10 min lang werd aangeboden. In ons onderzoek was er bovendien geen hoofdeffect van het type muziek (vrolijk of verdrietig) onafhankelijk van de gemoedsinductie op de waarde van RSA. Dit is in overeenstemming met andere studies. Bijvoorbeeld in het onderzoek van Etzel et al. (2006) vond men geen significant verschil in RSA volgend op een vrolijke of verdrietige gemoedsinductie. Hierin werd de muziek 2 min 16 sec aangeboden. In ons onderzoek bedroeg de duur van de muziekfragmenten 1 min 25 sec. Het zou kunnen dat de duur van deze fragmenten te kort is om werkelijk een fysiologische verandering teweeg te brengen. Echter, gezien we wel een effect vonden in de droevige conditie, zou dit betekenen dat vooral vrolijke gemoedsinducties via muziek een langere duur nodig hebben.

Indien de gemoedsinductie wel gelukt zou zijn, kan een derde verklaring gezocht worden in het initieel effect van de vrolijke gemoedsinductie op de fysiologische gebeurtenissen. Mogelijks veroorzaakt een inductie van een vrolijke gemoedstoestand een verlaagde hartslag- en ademhalingsfrequentie en bijgevolg een verhoogde RSA aangezien in bepaalde studies dit resultaat eveneens gevonden werd (Gruber et al., 2008; Waldstein et al., 2000). De daaropvolgende droevige muziek zou dan mogelijks deze regulerende fysiologische toestand verder zetten. Immers, in een groot aantal studies werd een verlaagde hartslag, een verhoogde ademhalingsfrequentie en een verhoogde RSA gevonden in reactie op droevige muziek (Kreibig, 2010). Indien dit het geval zou zijn, zou dit betekenen dat in dit geval de aparte effecten van de muziek en gemoedsinductie elkaar zouden versterkt hebben en een grotere impact zouden hebben dan de incongruentie tussen gemoed en muziek. Bovendien kan men tijdens de filmclip van *The Jungle Book* andere positieve emoties ervaren zoals tevredenheid, vreugde of opgewondenheid, welke een andere fysiologische respons vertonen dan vrolijkheid (Kreibig, 2010). Anderzijds kon de droevige muziek net sterk genoeg zijn

om een droevige gemoedstoestand te induceren, waardoor de waarde van RSA op de volgende trial lager lag aangezien hierbij vrolijke en dus incongruente muziek vertoond werd. We vinden hiervoor echter weinig indicatie in onze data. Integendeel, de extra test die een effect van het type muziek onafhankelijk van het gemoed uitsloot, maakt dit zeer twijfelachtig. Ter conclusie kunnen we stellen dat de eerste verklaring de meest plausibele is, waarin de droevige condities een fysiologisch effect uitoefenen. Het effect van affect-congruentie doet zich dus enkel voor tijdens de negatieve (droevige) condities.

Enkele limitaties van de studie krijgen de aandacht. Ook al hadden we reeds een grote groep participanten, mogelijks moeten we toch nog een grotere steekproefgrootte creëren gezien ons complexere design. Bovendien kan het feit dat een groter aantal kinderen getest wordt de moeilijkheden die fysiologische inducties met zich meebrengen minimaliseren. In een uitgebreide review van Kreibig (2010) over het verzamelen van valide data over een bepaalde organisatie van het autonoom zenuwstelsel per specifieke emotie werd geconcludeerd dat het induceren van eenduidige fysiologische responsen gerelateerd aan emotionele toestanden een grote uitdaging blijft. Per emotie bekomen vele onderzoeken diverse resultaten wat erop kan wijzen dat er verscheidene modererende variabelen bestaan in de relatie tussen emotie en autonome veranderingen (Kreibig, 2010). Zo kunnen individuen reeds een verhoogde of verlaagde RSA vertonen zonder in een bepaalde gemoedstoestand gebracht te worden wat ook in relatie kan staan met betere cognitieve prestaties (Thayer & Lane, 2000, 2009). Verder kan je emoties vergelijken met stress (Kreibig, 2010). Een stressrespons is transactioneel en hangt van zowel individuele als contextuele factoren af (Hancock & Szalma, 2008). Nochtans vonden wij geen relatie tussen het initieel baseline niveau van RSA, noch in relatie met de cognitieve prestaties achteraf. Daarom lijkt deze hypothetische verklaring weinig plausibel in het geval van deze studie.

Alles bij elkaar genomen, wijst deze studie ten eerste op het bestaan van een gunstige impact van het luisteren naar affect-congruente muziek op cognitieve performantie. De kinderen presteren beter op de geheugentaak in de affect-congruente conditie dan in de affect-incongruente conditie. Desalniettemin scoren de kinderen in een affect-congruente conditie enkel beter op de tweede geheugentaak dan de kinderen in een affect-incongruente conditie, mogelijks door de ervaring van verhoogde cognitieve load. Ten tweede bestaat er op fysiologisch vlak vooral een impact van de droevige condities waarin de waarde van RSA tijdens de droevig-congruente condities hoger ligt dan de droevig-incongruente condities. Dit ondersteunt dat droevige gemoedsinducties een sterkere impact op autonome responsen kan hebben. Ten derde wordt fysiologische priming via

filmclips en muziekfragmenten voor de cognitieve performantie vooral van belang wanneer cognitieve load hoog wordt.

Volgens onze hypothese is het bruikbaar om net voor een situatie waarin cognitieve vaardigheden uitermate belangrijk zijn (bv., examens, sollicitatiegesprek, targets halen met betrekking tot het werk, optredens, sportprestatie, vrije tijd) naar muziek te luisteren die een emotie opwekt die aansluit aan iemands huidige gemoedstoestand. Enkel de discrete emoties "vrolijk" en "verdrietig" hebben wij onderzocht. Indien iemand zich in een vrolijke stemming bevindt, dient deze best vrolijke muziek te beluisteren. Wanneer iemand zich in een droevige stemming bevindt, is het luisteren naar droevige muziek aangewezen. Het zou de aandachtsprocessen en het werkgeheugen volgens ons aanzienlijk verbeteren.

Referenties

- Alvarez, J. A., & Emory, E. (2006). Executive function and the frontal lobes: a meta-analytic review. *Neuropsychology Review*, 16(1), 17-42.
- American Academy of Pediatrics, Subcommittee on Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (2011). ADHD: clinical practice guideline for the diagnosis, evaluation, and treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder in children and adolescents. *Pediatrics*, 128, 1007-1022.
- Arnsten, A. F., & Goldman-Rakic, P. S. (1998). Noise stress impairs prefrontal cortical cognitive function in monkeys: evidence for a hyperdopaminergic mechanism. *Archives of General Psychiatry*, 55(4), 362-368.
- Barrett, L. F., Mesquita, B., Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2007). The experience of emotion. *Annual Review of Psychology*, 58, 373-403.
- Benarroch, E. E. (1993). The central autonomic network: functional organization, dysfunction, and perspective. *Mayo Clinic Proceedings*, 68(10), 988-1001.
- Bernardi, L., Porta, C., Casucci, G., Balsamo, R., Bernardi, N. F., Fogari, R., & Sleight, P. (2009). Dynamic interactions between musical, cardiovascular, and cerebral rhythms in humans. *Circulation*, 119(25), 3171-3180.
- Bernardi, L., Porta, C., & Sleight, P. (2006). Cardiovascular, cerebrovascular, and respiratory changes induced by different types of music in musicians and non-musicians: the importance of silence. *Heart*, 92(4), 445-452.
- Berntson, G. G., Thomas Bigger, J., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., ... Der Molen, M. W. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623-648.
- Blood, A. J., & Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(20), 11818-11823.
- Blood, A. J., Zatorre, R. J., Bermudez, P., & Evans, A. C. (1999). Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature Neuroscience*, 2(4), 382-387.

- Bogdanov, V., Woodstra, C., & Erlewine, S. T. (Eds.). (2001). *All music guide to electronica: the definitive guide to electronic music*. San Francisco, CA: Backbeat Books.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2000). Affective reactions to acoustic stimuli. *Psychophysiology*, 37(2), 204-215.
- Brown, S., Martinez, M. J., & Parsons, L. M. (2004). Passive music listening spontaneously engages limbic and paralimbic systems. *Neuroreport*, 15(13), 2033-2037.
- Bush, L. K., Hess, U., & Wolford, G. (1993). Transformations for within-subject designs: a Monte Carlo investigation. *Psychological bulletin*, 113(3), 566.
- Caldwell, J. (1995). Assessing the impact of stressors on performance: observations on levels of analyses. *Biological Psychology*, 40(1), 197-208.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Carstens, C. B., Huskins, E., & Hounshell, G. W. (1995). Listening to Mozart may not enhance performance on the revised Minnesota paper form board test. *Psychological Reports*, 77(1), 111-114.
- Chanda, M. L., & Levitin, D. J. (2013). The neurochemistry of music. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(4), 179-193.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Inc, Publishers.
- Conway, A. R. (1996). Individual differences in working memory capacity: More evidence for a general capacity theory. *Memory*, 4(6), 577-590.
- Conway, A. R., & Engle, R. W. (1994). Working memory and retrieval: A resource-dependent inhibition model. *Journal of Experimental Psychology: General*, 123(4), 354-373.
- Craig, A. D. (2002). How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(8), 655-666.
- Črnčec, R., Wilson, S. J., & Prior, M. (2006). No evidence for the Mozart effect in children. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 23(4), 305-318.

- Dan-Glauser, E. S., & Scherer, K. R. (2011). The Geneva affective picture database (GAPED): a new 730-picture database focusing on valence and normative significance. *Behavior Research Methods*, 43(2), 468-477.
- de Jongh, R., Bolt, I., Schermer, M., & Olivier, B. (2008). Botox for the brain: enhancement of cognition, mood and pro-social behavior and blunting of unwanted memories. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(4), 760-776.
- Demanet, J., Liefoghe, B., & Verbruggen, F. (2011). Valence, arousal, and cognitive control: a voluntary task-switching study. *Frontiers in Psychology*, 2, 50-59.
- Dessy, E., Van Puyvelde, M., Mairesse, O., Neyt, X., & Pattyn, N. (2017). Cognitive Performance Enhancement: Do Biofeedback and Neurofeedback Work?. *Journal of Cognitive Enhancement*, 1-31.
- Dresler, M., Sandberg, A., Ohla, K., Bubltz, C., Trenado, C., Mroczko-Wąsowicz, A., ... Repantis, D. (2013). Non-pharmacological cognitive enhancement. *Neuropharmacology*, 64, 529-543.
- Einthoven, W., Fahr, G., & De Waart, A. (1913). Über die Richtung und die manifeste Grösse der Potentialschwankungen im menschlichen Herzen und über den Einfluss der Herzlage auf die Form des Elektrokardiogramms. *Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere*, 150(6-8), 275-315.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125, 309-331.
- Epstein, J. N., Kelleher, K. J., Baum, R., Brinkman, W. B., Peugh, J., Gardner, W., ... Langberg, J. (2014). Variability in ADHD care in community-based pediatrics. *Pediatrics*, 134(6), 1136-1143.
- Erlewine, M., Bogdanow, V., Woodstra, C., & Koda, C. (Eds.). (1996). *The blues*. San Francisco: Miller-Freeman.
- Etzel, J. A., Johnsen, E. L., Dickerson, J., Tranel, D., & Adolphs, R. (2006). Cardiovascular and respiratory responses during musical mood induction. *International Journal of Psychophysiology*, 61(1), 57-69.

- Fernald, A. (1989). Intonation and communicative interest in mother's speech to infants: Is the melody the message? *Child Development*, 6, 1497-1510.
- Franco, F., Swaine, J. S., Israni, S., Zaborowska, K. A., Kaloko, F., Kesavarajan, I., & Majek, J. A. (2014). Affect-matching music improves cognitive performance in adults and young children for both positive and negative emotions. *Psychology of Music*, 42(6), 869-887.
- Franke, A. G., & Lieb, K. (2010). Pharmakologisches Neuroenhancement und Hirndoping: Chancen und Risiken [Pharmacological neuroenhancement and brain doping: Chances and risks]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 53(8), 853-860.
- Friedman, B. H. (2007). An autonomic flexibility-neurovisceral integration model of anxiety and cardiac vagal tone. *Biological Psychology*, 74(2), 185-199.
- Gabrielsson, A., & Juslin, P. N. (2003). Emotional expression in music. In R. J. Davidson, K. R. Scherer, & H. H. Goldsmith (Eds.), *Series in affective science. Handbook of affective sciences* (pp. 503-534). New York, NY, US: Oxford University Press.
- Garland, H. (1985). A cognitive mediation theory of task goals and human performance. *Motivation and Emotion*, 9(4), 345-367.
- Gellad, W. F., Stein, B. D., Ruder, T., Henderson, R., Frazee, S. G., Mehrotra, A., & Donohue, J. M. (2014). Geographic variation in receipt of psychotherapy in children receiving attention-deficit/hyperactivity disorder medications. *JAMA Pediatrics*, 168(11), 1074-1076.
- Gendolla, G. H., & Brinkmann, K. (2005). The role of mood states in self-regulation: Effects on action preferences and resource mobilization. *European Psychologist*, 10(3), 187-198.
- Gomez, P., & Danuser, B. (2004). Affective and physiological responses to environmental noises and music. *International Journal of Psychophysiology*, 53(2), 91-103.
- Gomez, P., & Danuser, B. (2007). Relationships between musical structure and psychophysiological measures of emotion. *Emotion*, 7(2), 377-387.
- Gratier, M. (2003). Expressive timing and interactional synchrony between mothers and infants: Cultural similarities, cultural differences, and the immigration experience. *Cognitive Development*, 18(4), 533-554.

- Griffiths, T. D., Uppenkamp, S., Johnsrude, I., Josephs, O., & Patterson, R. D. (2001). Encoding of the temporal regularity of sound in the human brainstem. *Nature Neuroscience*, 4(6), 633-637.
- Gross, J. J., Fredrickson, B. L., & Levenson, R. W. (1994). The psychophysiology of crying. *Psychophysiology*, 31(5), 460-468.
- Grossman, P., Karemaker, J., & Wieling, W. (1991). Prediction of tonic parasympathetic cardiac control using respiratory sinus arrhythmia: the need for respiratory control. *Psychophysiology*, 28(2), 201-216.
- Grossman, P., & Taylor, E. W. (2007). Toward understanding respiratory sinus arrhythmia: relations to cardiac vagal tone, evolution and biobehavioral functions. *Biological Psychology*, 74(2), 263-285.
- Grossman, P., Van Beek, J., & Wientjes, C. (1990). A comparison of three quantification methods for estimation of respiratory sinus arrhythmia. *Psychophysiology*, 27(6), 702-714.
- Gruber, J., Johnson, S. L., Oveis, C., & Keltner, D. (2008). Risk for mania and positive emotional responding: too much of a good thing?. *Emotion*, 8(1), 23.
- Gruzelier, J. H. (2014). EEG-neurofeedback for optimising performance. I: a review of cognitive and affective outcome in healthy participants. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 44, 124-141.
- Hancock, P. A., & Szalma, J. L. (2008). *Performance under stress*. Ashgate Publishing, Ltd.
- Hansen, A. L., Johnsen, B. H., & Thayer, J. F. (2003). Vagal influence on working memory and attention. *International Journal of Psychophysiology*, 48(3), 263-274.
- Holden, C. (1994). Smart music. *Science*, 266, 968-969.
- Hunter, P. G., Schellenberg, E. G., & Schimmack, U. (2010). Feelings and perceptions of happiness and sadness induced by music: Similarities, differences, and mixed emotions. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 4(1), 47.
- Husain, G., Thompson, W. F., & Schellenberg, E. G. (2002). Effects of musical tempo and mode on arousal, mood, and spatial abilities. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 20(2), 151-171.

- Iwanaga, M., Kobayashi, A., & Kawasaki, C. (2005). Heart rate variability with repetitive exposure to music. *Biological Psychology*, 70(1), 61-66.
- Jönsson, P., & Sonnby-Borgström, M. (2003). The effects of pictures of emotional faces on tonic and phasic autonomic cardiac control in women and men. *Biological Psychology*, 62(2), 157-173.
- Jose, A. D., & Collison, D. (1970). The normal range and determinants of the intrinsic heart rate in man. *Cardiovascular Research*, 4(2), 160-167.
- Juslin, P. N. (1997). Perceived emotional expression in synthesized performances of a short melody: Capturing the listener's judgment policy. *Musicae Scientiae*, 1, 225-256.
- Juslin, P. N., & Laukka, P. (2003). Communication of emotions in vocal expression and music performance: Different channels, same code? *Psychological Bulletin*, 129(5), 770-814.
- Juslin, P. N., & Laukka, P. (2004). Expression, perception, and induction of musical emotions: A review and a questionnaire study of everyday listening. *Journal of New Music Research*, 33(3), 217-238.
- Juslin, P.N., Liljeström, S., Västfjäll, D., & Lundqvist, L. (2010). How does music evoke emotions? Exploring the underlying mechanisms. In P. N. Juslin, S. Liljeström, D. Västfjäll, & L. Lundqvist (Eds.), *Handbook of music and emotion: Theory, research, applications* (pp. 605-642). New York, NY: Oxford University Press.
- Kenealy, P., & Monsef, A. (1994). Music and IQ tests. *The Psychologist*, 7(8), 346.
- Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, 29(2), 169-195.
- Knight, A. J., & Wiese, N. (2011). Therapeutic Music and Nursing in Poststroke Rehabilitation (CE). *Rehabilitation Nursing*, 36(5), 204-215.
- Koelsch, S. (2010). Towards a neural basis of music-evoked emotions. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(3), 131-137.
- Koelsch, S. (2014). Brain correlates of music-evoked emotions. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(3), 170-180.
- Kreibig, S. D. (2010). Autonomic nervous system activity in emotion: A review. *Biological Psychology*, 84(3), 394-421.

- Krumhansl, C. L. (1997). An exploratory study of musical emotions and psychophysiology. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 51(4), 336.
- Lacey, J. I., & Lacey, B. C. (1970). Some autonomic-central nervous system interrelationships. In P. Black (Ed.), *Physiological correlates of emotion* (pp. 205-227). New York: Academic Press.
- Large, E. W., & Palmer, C. (2002). Perceiving temporal regularity in music. *Cognitive Science*, 26(1), 1-37.
- Levy, M. N. (1990). Autonomic interactions in cardiac control. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 601(1), 209-221.
- Lundqvist, L. O., Carlsson, F., Hilmersson, P., & Juslin, P. N. (2009). Emotional responses to music: experience, expression, and physiology. *Psychology of Music*, 37(1), 61-90.
- Malloch, S. (1999). Mother and infants and communicative musicality. In I. Deliège (Ed.), *Rhythms, musical narrative, and the origins of human communication: Musicae Scientiae, 1999-2000* (pp. 29-57). Liege: European Society for the Cognitive Sciences of Music.
- Malloch, S., & Trevarthen, C. (2009). Musicality: Communicating the vitality and interests of life. In S. Malloch & C. Trevarthen (Eds.), *Communicative musicality: Exploring the basis of human companionship* (pp. 1-15). Oxford: Oxford University Press.
- Marcovitch, S., Leigh, J., Calkins, S. D., Leerks, E. M., O'Brien, M., & Blankson, A. N. (2010). Moderate vagal withdrawal in 3.5-year-old children is associated with optimal performance on executive function tasks. *Developmental Psychobiology*, 52(6), 603-608.
- Marsh, P., Beauchaine, T. P., & Williams, B. (2008). Dissociation of sad facial expressions and autonomic nervous system responding in boys with disruptive behavior disorders. *Psychophysiology*, 45(1), 100-110.
- McDermott, J. H., Lehr, A. J., & Oxenham, A. J. (2010). Individual differences reveal the basis of consonance. *Current Biology*, 20(11), 1035-1041.
- McGrann, J. V., Shaw, G. L., Shenoy, K. V., Leng, X., & Mathews, R. B. (1994). Computation by symmetry operations in a structured model of the brain: Recognition of rotational invariance and time reversal. *Physical Review*, 49(6), 5830-5839.

- Mikutta, C. A., Schwab, S., Niederhauser, S., Wuermle, O., Strik, W., & Altorfer, A. (2013). Music, perceived arousal, and intensity: Psychophysiological reactions to Chopin's "Tristesse". *Psychophysiology*, 50(9), 909-919.
- Moriguchi, Y., Chevalier, N., & Zelazo, P. D. (2016). Editorial: Development of executive function in childhood. *Frontiers in Psychology*, 7, 6-7.
- Nantais, K. M., & Schellenberg, E. G. (1999). The Mozart effect: An artifact of preference. *Psychological Science*, 10(4), 370-373.
- Newman, J., Rosenbach, J. H., Burns, K. L., Latimer, B. C., Matocha, H. R., & Vogt, E. R. (1995). An experimental test of "the Mozart effect": Does listening to his music improve spatial ability? *Perceptual and Motor Skills*, 81, 1379-1387.
- Overbeek, T. J., van Boxtel, A., & Westerink, J. H. (2014). Respiratory sinus arrhythmia responses to cognitive tasks: effects of task factors and RSA indices. *Biological Psychology*, 99, 1-14.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4.
- Panksepp, J. (1995). The emotional sources of "chills" induced by music. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 13(2), 171-207.
- Panksepp, J., & Bernatzky, G. (2002). Emotional sounds and the brain: the neuro-affective foundations of musical appreciation. *Behavioural Processes*, 60(2), 133-155.
- Papousek, M. (1996). Intuitive parenting: A hidden source of musical stimulation in infancy. In I. Deliege & J. Sloboda (Eds.), *Musical beginnings: Origins and development of musical competence* (pp. 88-112). Oxford: Oxford University Press.
- Pattyn, N. (2007). *Psychophysiological measures of cognitive performance in operational conditions: applications to aviation and space environments* (Unpublished doctoral dissertation). Vrije Universiteit Brussel, Brussels.
- Peretz, I., Gagnon, L., & Bouchard, B. (1998). Music and emotion: perceptual determinants, immediacy, and isolation after brain damage. *Cognition*, 68(2), 111-141.
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual Review of Neuroscience*, 35, 73-89.

- Polanczyk, G., de Lima, M. S., Horta, B. L., Biederman, J., & Rohde, L. A. (2007). The worldwide prevalence of ADHD: a systematic review and metaregression analysis. *American Journal of Psychiatry*, 164(6), 942-948.
- Polanczyk, G. V., Salum, G. A., Sugaya, L. S., Caye, A., & Rohde, L. A. (2015). Annual Research Review: A meta-analysis of the worldwide prevalence of mental disorders in children and adolescents. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 56(3), 345-365.
- Porges, S.W. (1991). Vagal tone: A mediator of affect. In J.A. Garber & K.A. Dodge (Eds.), *The development of affect regulation and dysregulation* (pp. 111-128). New York: Cambridge University Press.
- Porges, S. W. (1992). Vagal tone: a physiologic marker of stress vulnerability. *Pediatrics*, 90(3), 498-504.
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., & Ky, K. N. (1993). Music and spatial task performance. *Nature*, 365(6447), 611.
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., & Ky, K. N. (1995). Listening to Mozart enhances spatial-temporal reasoning: towards a neurophysiological basis. *Neuroscience Letters*, 185(1), 44-47.
- Rauscher, F., Shaw, G., Levine, L., Wright, E., Dennis, W., & Newcomb, R. (1997). Music training causes long-term enhancement of preschool children's spatial-temporal reasoning. *Neurological research*, 19(1), 2-8.
- Richards, J. E., & Casey, B. J. (1992). *Attention and information processing in infants and adults: Perspectives from human and animal research* (pp. 30-60). New Jersey: Hillsdale College Press.
- Ritz, T., George, C., & Dahme, B. (2000). Respiratory resistance during emotional stimulation: evidence for a nonspecific effect of experienced arousal?. *Biological Psychology*, 52(2), 143-160.
- Ritz, T., Thöns, M., Fahrenkrug, S., & Dahme, B. (2005). Airways, respiration, and respiratory sinus arrhythmia during picture viewing. *Psychophysiology*, 42(5), 568-578.
- Rother, M., Witte, H., Zwiener, U., Eiselt, M., & Fischer, P. (1989). Cardiac aliasing—a possible cause for the misinterpretation of cardiorespirographic data in neonates. *Early human development*, 20(1), 1-12.

- Rottenberg, J., Wilhelm, F. H., Gross, J. J., & Gotlib, I. H. (2003). Vagal rebound during resolution of tearful crying among depressed and nondepressed individuals. *Psychophysiology*, 40(1), 1-6.
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161-1178.
- Saarikallio, S. (2011). Music as emotional self-regulation throughout adulthood. *Psychology of Music*, 39(3), 307-327.
- Sadie, S. (Ed.). (1980). *The new Grove's dictionary of music and musicians* (pp. 779-823). London: Macmillan.
- Salas, E., Rosen, M. A., Held, J. D., & Weissmuller, J. J. (2009). Performance measurement in simulation-based training a review and best practices. *Simulation & Gaming: An Interdisciplinary Journal*, 40(3), 328-376.
- Saul, J. P. (1990). Beat-to-beat variations of heart rate reflect modulation of cardiac autonomic outflow. *Physiology*, 5(1), 32-37.
- Schäfer, T., & Sedlmeier, P. (2010). What Makes Us Like Music? Determinants of Music Preference. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 4(4), 223-234.
- Schäfer, T., Sedlmeier, P., Städtler, C., & Huron, D. (2013). The psychological functions of music listening. *Frontiers in Psychology*, 4, 511.
- Schellenberg, E. G. (2012). Cognitive performance after listening to music: a review of the Mozart effect. In R. MacDonald, G. Kreutz, & L. Mitchell (Eds.), *Music, health, and wellbeing* (pp. 324-338). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Schellenberg, E. G., Nakata, T., Hunter, P. G., & Tamoto, S. (2007). Exposure to music and cognitive performance: Tests of children and adults. *Psychology of Music*, 35(1), 5-19.
- Schellenberg, E. G., & Weiss, M. W. (2013). Music and cognitive abilities. In D. Deutsch (Ed.), *The psychology of music* (3rd ed., pp. 499-550). Waltham, MA: Elsevier.
- Scherer, K. R. (1986). Vocal affect expression: a review and a model for future research. *Psychological Bulletin*, 99(2), 143-165.

- Shaw, G. L., Silverman, D. J., & Pearson, J. C. (1985). Model of cortical organization embodying a basis for a theory of information processing and memory recall. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 82(8), 2364-2368.
- Silvestrini, N., & Gendolla, G. H. (2007). Mood effects on autonomic activity in mood regulation. *Psychophysiology*, 44(4), 650-659.
- Sloboda, J. A., & Juslin, P. N. (2001). Psychological perspectives on music and emotion. In P. N. Juslin & J. A. Sloboda (Eds.), *Music and emotion: Theory and research* (pp. 71-104). New York: Oxford University Press.
- Sloboda, J. A. & O'Neill, S. A. (2001) Emotions in everyday listening to music. In P. N. Juslin & J. A. Sloboda (Eds), *Music and emotion: Theory and research* (pp. 415-429). New York: Oxford University Press.
- Smith, J. C., Bradley, M. M., & Lang, P. J. (2005). State anxiety and affective physiology: effects of sustained exposure to affective pictures. *Biological Psychology*, 69(3), 247-260.
- Spencer, H. (1857). The origin and function of music. *Fraser's Magazine*, 56, 396-408.
- Steele, K. M., Bass, K. E., & Crook, M. D. (1999). The mystery of the Mozart effect: Failure to replicate. *Psychological Science*, 10(4), 366-369.
- Sternbach, R. A. (1962). Assessing differential autonomic patterns in emotions. *Journal of Psychosomatic Research*, 6(2), 87-91.
- Strauser, J. M. (1997). The effects of music versus silence on measures of state anxiety, perceived relaxation, and physiological responses of patients receiving chiropractic interventions. *Journal of Music Therapy*, 34(2), 88-105.
- Taylor, S. E. (1991). Asymmetrical effects of positive and negative events: the mobilization-minimization hypothesis. *Psychological Bulletin*, 110(1), 67.
- Thayer, J. F. (1986). *Multiple indicators of affective response to music* (Unpublished doctoral dissertation). New York University, New York.
- Thayer, J. F., & Brosschot, J. F. (2005). Psychosomatics and psychopathology: looking up and down from the brain. *Psychoneuroendocrinology*, 30(10), 1050-1058.
- Thayer, J. F., & Faith, M. L. (2001). A dynamic systems model of musically induced emotions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930(1), 452-456.

- Thayer, J. F., Hansen, A. L., Saus-Rose, E., & Johnsen, B. H. (2009). Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Annals of Behavioral Medicine*, 37(2), 141-153.
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *Journal of Affective Disorders*, 61(3), 201-216.
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2009). Claude Bernard and the heart-brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 33(2), 81-88.
- Theall-Honey, L. A., & Schmidt, L. A. (2006). Do temperamentally shy children process emotion differently than nonshy children? Behavioral, psychophysiological, and gender differences in reticent preschoolers. *Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*, 48(3), 187-196.
- Thompson, W. F., Schellenberg, E. G., & Husain, G. (2001). Arousal, mood, and the Mozart effect. *Psychological Science*, 12(3), 248-251.
- Vanderark, S. D., & Ely, D. (1994). University biology and music majors' emotional ratings of musical stimuli and their physiological correlates of heart rate, finger temperature, and blood pressure. *Perceptual and Motor Skills*, 79(3), 1391-1397.
- Van der Oord, S., Prins, P. J., Oosterlaan, J., & Emmelkamp, P. M. (2008). Efficacy of methylphenidate, psychosocial treatments and their combination in school-aged children with ADHD: a meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, 28(5), 783-800.
- Van der Stigchel, S., Imants, P., & Ridderinkhof, K. R. (2011). Positive affect increases cognitive control in the antisaccade task. *Brain and Cognition*, 75(2), 177-181.
- Van Puyvelde, M. & Franco, F. (2015). 'The interaction of music and language in the ontogenesis of human communication: A multimodal parent-infant co-regulation system'. Geraadpleegd op 5 Augustus, 2018 via <http://www.hrionline.ac.uk/openbook/chapter/ICMEM2015-VanPuyvelde>
- Van Puyvelde, M., Loots, G., Meys, J., Neyt, X., Mairesse, O., Simcock, D., & Pattyn, N. (2015). Whose clock makes yours tick? How maternal cardiorespiratory physiology influences newborns' heart rate variability. *Biological Psychology*, 108, 132-141.

- Van Puyvelde, M., Loots, G., Vanfleteren, P., Meys, J., Simcock, D., & Pattyn, N. (2014). Do You Hear the Same? Cardiorespiratory responses between mothers and infants during tonal and atonal music. *Plos One*, 9(9), e106920.
- Van Puyvelde, M., Loots, G., Vinck, B., De Coster, L., Matthijs, L., Mouvet, K., & Pattyn, N. (2013). The interplay between tonal synchrony and social engagement in mother–infant interaction. *Infancy*, 18(5), 849-872.
- Van Puyvelde, M., Vanfleteren, P., Loots, G., Deschuyffeleer, S., Vinck, B., Jacquet, W., & Verhelst, W. (2010). Tonal synchrony in mother–infant interaction based on harmonic and pentatonic series. *Infant Behavior and Development*, 33(4), 387-400.
- Vuoskoski, J. K., Thompson, W. F., McIlwain, D., & Eerola, T. (2012). Who enjoys listening to sad music and why? *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 29(3), 311-317.
- Waldstein, S. R., Kop, W. J., Schmidt, L. A., Haufler, A. J., Krantz, D. S., & Fox, N. A. (2000). Frontal electrocortical and cardiovascular reactivity during happiness and anger. *Biological Psychology*, 55(1), 3-23.
- Xue, C., Li, T., Yin, S., Zhu, X., & Tan, Y. (2018). The influence of induced mood on music preference. *Cognitive Processing*, 1-9.