

# Cross-modal effects in the construction of perception

Citation for published version (APA):

Kilian-Hütten, N. J. (2012). *Cross-modal effects in the construction of perception*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Maastricht University. <https://doi.org/10.26481/dis.20120203nk>

## Document status and date:

Published: 01/01/2012

## DOI:

[10.26481/dis.20120203nk](https://doi.org/10.26481/dis.20120203nk)

## Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

## Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

## General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.umlib.nl/taverne-license](http://www.umlib.nl/taverne-license)

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[repository@maastrichtuniversity.nl](mailto:repository@maastrichtuniversity.nl)

providing details and we will investigate your claim.

## SUMMARY

When we perceive the world around us, we usually feel that we have access to a direct sensory image of reality. This impression, however, is an illusion. Actually, our perception is heavily influenced by a plurality of contextual factors; including the interaction between different sensory modalities (e.g. what we see may alter what we hear). This thesis, titled “Cross-modal effects in the construction of perception” examines these interactions at different levels.

The first part (chapters 2 and 3) investigates how seeing lip movements can alter our perception of what we hear is being said and how the varying perceptual interpretations of physically identical auditory stimuli can be predicted on the basis of brain imaging data.

The second part (chapters 4 and 5) is concerned with audiovisual interactions at a very different level of processing and examines in how far music can influence visual emotion perception of facial expressions, mirroring cognitive symptoms of clinical depression. Furthermore, it is investigated how neural networks processing different cognitive aspects of clinical depression interact dynamically in healthy participants undergoing musical mood induction.

*Chapter 1* briefly introduces the ideas of constructivism and the differentiation between sensation and perception and summarizes the state of research in multisensory neuroscience. The main methods employed in the research represented in this thesis are shortly described.

In *Chapters 2 and 3* it is demonstrated that the entanglement of sensation and perception that is usually inherent to neuroscientific investigations of perception can be overcome employing a concept called cross-modal recalibration. This effect entails the presentation of pairings of ambiguous sounds with unambiguous lip movements, effectively disambiguating the auditory percept. Furthermore, it has been shown that repeated exposure to these pairings induces a lasting perceptual bias, which affects ambiguous auditory stimuli presented later and in isolation. This provided the opportunity to inspect neural responses to stimuli that were perceived differently, while being physically identical. *Chapter 2* demonstrates, using functional magnetic resonance imaging (fMRI) and pattern recognition techniques, that it is possible to retrieve the perceptual interpretation of ambiguous phonemes – information that is fully subjective to the listener – from measurements of brain activity in auditory areas in the superior temporal cortex, most prominently on the

posterior bank of the left Heschl's gyrus and sulcus and in the adjoining left planum temporale. These findings suggest that - beyond the basic acoustic analysis of sounds - constructive perceptual processes take place in these relatively early cortical auditory networks.

Instead of analyzing the neural responses to the isolated auditory stimuli, *Chapter 3* deals with brain activation during the recalibration phase (the audiovisual pairings) in order to examine the origin of the perceptual bias that was shown in *Chapter 2* to be stored in auditory cortex. Utilizing behavioral data from the perceptual classifications of the ambiguous auditory phonemes that followed the recalibration phase later in time, we could identify a network of brain areas (bilateral inferior parietal lobe [IPL], right [and possibly left] inferior frontal sulcus [IFS], and right posterior middle temporal gyrus [MTG]), whose activation during audiovisual exposure predicted auditory perceptual tendencies later in time. It is proposed that represented here are audiovisual integrative learning processes which are responsible for the installation of the perceptual bias in auditory regions.

In *Chapter 4*, two behavioral studies are presented. Both studies employed videos which were synthesized by morphing facial expressions from sad or happy expressions, respectively, to neutral ones. The participants' task was to stop the videos when the original expression was not recognized anymore. This rationale overcomes some problems faced by studies using explicit ratings, which may be confounded by demand characteristics. In the first study, it is demonstrated that depressed patients exhibited an emotion perception bias, in that they perceived sad facial expressions to persist longer on the changing faces than controls. Study 2 utilized sad and happy pieces of classical music (pre-rated for emotional valence by independent participants) in order to differentially induce happy and sad mood states in healthy participants. It could be demonstrated that healthy participants with an affinity to classical music showed an emotion perception bias when undergoing sad mood induction, which mimicked that of depressed patients. These results suggest that acute and pathological sad mood can induce similar cognitive symptoms, a notion which is compatible with a dimensional conceptualization of depression. Furthermore, they emphasize the impact that music can have on the way we perceive the world, calling for future research into potential benefits of music in therapeutic settings.

In *Chapter 5*, a similar set-up to the one in the second study of *Chapter 4* was transferred to the fMRI environment. Again, participants were exposed to sad and happy

classical music in order to investigate the neural networks underlying the mimicked cognitive aspects of depression. Using independent component analysis (ICA) and a combination of ICA and psychophysiological interaction (PPI), it could be revealed that the neural substrates underlying rumination and biased emotion perception are linked selectively during sad mood via the posterior superior temporal sulcus. These results indicate that separate cognitive symptoms of depression interact neurally, which may result in a vicious cognitive circle, and that similar neural substrates may underlie acute and pathological sad mood, suggesting a dimensional concept of depression.

## **SAMENVATTING**

Als we de wereld om ons heen waarnemen, hebben we al snel het gevoel dat we direct toegang hebben tot de sensorische representatie van onze realiteit. Toch blijkt deze impressie een illusie te zijn. Onze waarneming wordt flink beïnvloed door meerdere contextuele factoren, waaronder de interactie tussen verschillende sensorische modaliteiten (bijvoorbeeld, wat je ziet kan veranderen wat je hoort). Dit proefschrift, getiteld 'Cross-modal Effects in the Construction of Perception' onderzoekt deze interactie op verschillende niveaus.

Het eerste deel (hoofdstukken 2 en 3) onderzoekt hoe het zien van lipbewegingen kan beïnvloeden wat we iemand horen zeggen. Daarnaast wordt onderzocht hoe de variërende perceptuele interpretatie van fysiek identieke auditieve stimuli kan worden voorspeld op basis van hersenactiviteit.

Het tweede deel (hoofdstukken 4 en 5) richt zich op audiovisuele interacties op een heel ander niveau van verwerking. Hier wordt gekeken in hoeverre muziek invloed heeft op het waarnemen van emotionele gezichtsuitdrukkingen, als afspiegeling van enkele cognitieve symptomen van depressie. Verder wordt bij gezonde proefpersonen onderzocht hoe neurale netwerken die betrokken zijn bij verschillende cognitieve aspecten van depressie op een dynamische wijze met elkaar interacteren tijdens deze muzikale gemoedstoestandinductie.

*Hoofdstuk 1* beschrijft kort de ideeën achter constructivisme en het onderscheid tussen gewaarwording en perceptie, en vat de huidige staat van het onderzoek naar multisensorische neurowetenschappen samen. De onderzoeksmethoden die hoofdzakelijk gebruikt worden in het onderzoek dat dit proefschrift beschrijft zullen kort worden toegelicht.

In *Hoofdstukken 2 en 3* wordt gedemonstreerd dat de samenhang tussen gewaarwording (sensation) en perceptie (perception), zoals vaak gezien in neurowetenschappelijk onderzoek, overmeesterd kan worden door een concept genaamd 'cross-modal recalibration'. Dit effect houdt in dat als er ambigue geluiden tegelijk worden gepresenteerd met onambigue lipbewegingen, het auditieve percept geïnduceerd wordt. Daarbij is gedemonstreerd dat herhaaldelijke waarneming van dergelijke stimulusparen tot een blijvende perceptuele bias kan leiden, die ambigue auditieve stimuli kan beïnvloeden die later en in isolatie gepresenteerd worden. Dit heeft de mogelijkheid gecreëerd om de

neurale activiteit te onderzoeken die hoort bij stimuli die verschillend waargenomen worden, maar feitelijk fysiek identiek zijn. *Hoofdstuk 2* demonstreert aan de hand van fMRI en patroonherkenning dat het mogelijk is om de perceptuele interpretatie van ambigue fonemen te achterhalen - deze informatie is volledig subjectief voor de luisteraar - uit metingen van hersenactiviteit in auditieve gebieden van de superior temporal cortex, voornamelijk de posterior bank van linker Heschl's gyrus en sulcus, en in de naastliggende planum temporale. Deze bevindingen laten zien dat er, naast de reguliere akoestische analyse van geluiden, constructieve perceptuele processen plaatsvinden in deze relatief vroege corticale auditieve netwerken.

In plaats van de neurale reacties op de geïsoleerde auditieve stimuli te analyseren, richt *Hoofdstuk 3* zich op de hersenactiviteit tijdens de recalibratiefase (de audiovisuele paren) om zo te onderzoeken waar de perceptuele bias die gedemonstreerd werd in *Hoofdstuk 2* werd opgeslagen in de auditieve cortex. Aan de hand van gedragsdata die verkregen was uit perceptuele classificaties van de ambigue auditieve fonemen die ná de recalibratiefase plaatsvonden, konden we een netwerk van hersengebieden (bilaterale inferior parietal lobe [IPL], rechter [en mogelijk linker] inferior frontal sulcus [IFS] en rechter posterior middle temporal gyrus [MTG]) identificeren, wiens activiteit tijdens de presentatie van audiovisuele de hierop volgende perceptie kon voorspellen. We hypothetiseren dat dit audiovisuele integrerende leerprocessen voorstellen die verantwoordelijk zijn voor het installeren van een perceptuele bias in auditieve gebieden.

In *Hoofdstuk 4* worden twee gedragsstudies gepresenteerd. Beide studies maken gebruik van video's die gesynthetiseerd waren door gezichtsuitdrukkingen te laten transformeren van verdrietig of blij, respectievelijk, naar een neutrale uitdrukking. De taak van de proefpersoon was om de video te stoppen op het moment dat de oorspronkelijke emotionele uitdrukking niet meer te herkennen was. Deze benadering omzeilt enkele problemen waar andere studies, die gebruik maakten van een expliciete scoringsmethode, tegenaan liepen. In de eerste studie wordt gedemonstreerd dat depressieve patiënten een emotie-perceptie bias hebben, waarbij ze droevige gezichtsuitdrukkingen langer waarnemen op de transformerende gezichten dan de controlegroep. Studie 2 maakte gebruik van droevige en vrolijke klassieke muziek (van tevoren beoordeeld op emotionele lading door onafhankelijke proefpersonen) om zo vrolijke en droevige gemoedstoestanden te induceren bij gezonde proefpersonen. Er kon worden aangetoond dat gezonde proefpersonen die een



affiniteit hebben met klassieke muziek een emotionele waarnemingsbias lieten zien wanneer ze een droevige gemoedstoestandinductie hadden ondergaan. Dit kwam overeen met de bias die depressieve patiënten lieten zien. Deze resultaten suggereren dat acute en pathologische droevige gemoedstoestanden gelijke cognitieve symptomen kunnen induceren. Deze notie is compatibel met een dimensionale conceptualisatie van depressie. Daarnaast laten ze de impact zien die muziek heeft op de manier waarop we de wereld zien en geeft zo aan dat toekomstig onderzoek naar de potentiële voordelen van muziek in een therapeutische setting wenselijk is.

In *Hoofdstuk 5* werd een analoge opzet als de tweede studie van *Hoofdstuk 4* omgezet naar een fMRI studie. Ook hier werden proefpersonen blootgesteld aan droevige en vrolijke klassieke muziek om zo de neurale netwerken die de cognitieve aspecten van depressie nabootsten te kunnen onderzoeken. Met gebruik van independent component analysis (ICA) en een combinatie van ICA en psychofysiologische interactie (PPI), kon aangetoond worden dat het neurale substraten die aan getob (rumination) en de emotieperceptie bias ten grondslag liggen, selectief bij een droevige gemoedstoestand via de posterior superior temporal sulcus verbonden zijn. Deze resultaten geven een indicatie dat aparte cognitieve symptomen van depressie neuraal interacteren, wat zou kunnen resulteren in een vicieuze cognitieve cirkel. Daarnaast zou dit kunnen betekenen dat er gelijke neurale substraten ten grondslag kunnen liggen aan acute en pathologische droevige stemmingen, wat wijst op een dimensionaal concept van depressie.

*Vertaling / translation: Job van den Hurk*