

Samenwerking van Zintuigen en Illusies

“Hoe onze hersenen zintuigen combineren om de wereld te begrijpen”

Dr. Marc van Wanrooij - Radboud Universiteit

Webinar, Hoormij NVVS, 3 Nov 2025



Multisensorische integratie

Wat is het?

Wat is multisensorische integratie?

Onze hersenen combineren voortdurend informatie van verschillende zintuigen — zien, horen, evenwicht, en vele andere.

Door samenwerking ontstaat een vollediger en betrouwbaarder beeld van de wereld.

Soms versterkt dit elkaar (bijv. lippen lezen bij lawaai), maar het kan ook misgaan (bijv. ernstig gehoorverlies).

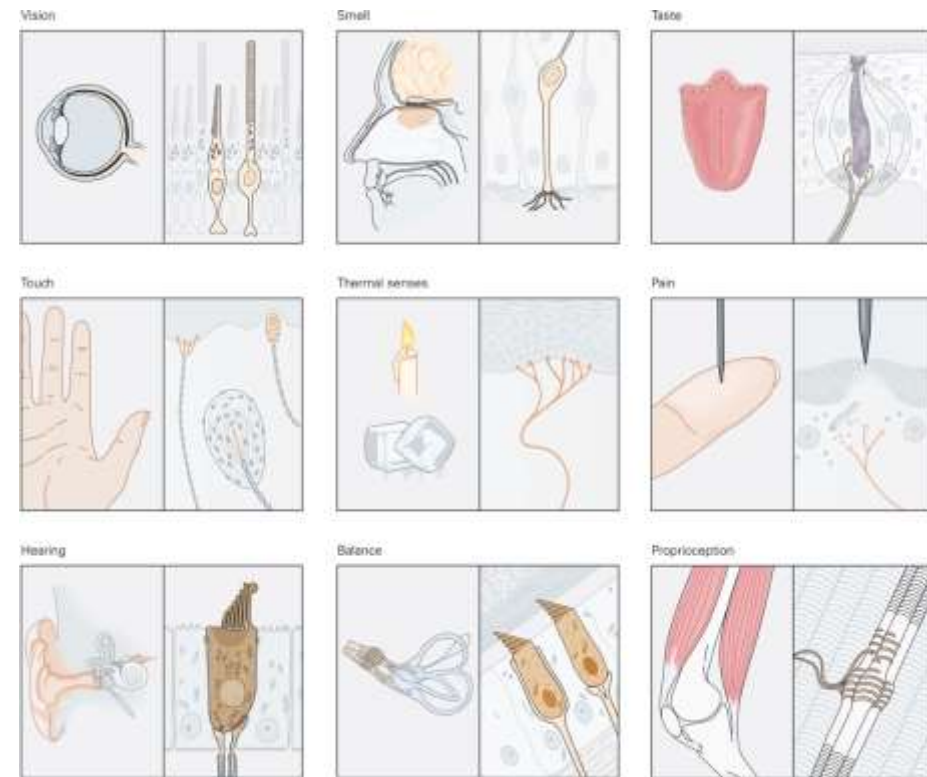


image credit: *Principles of Neural Science, Kandel*

Het probleem: te veel informatie

In een rumoerig café moeten onze hersenen kiezen wélke geluiden en beelden bij elkaar horen.

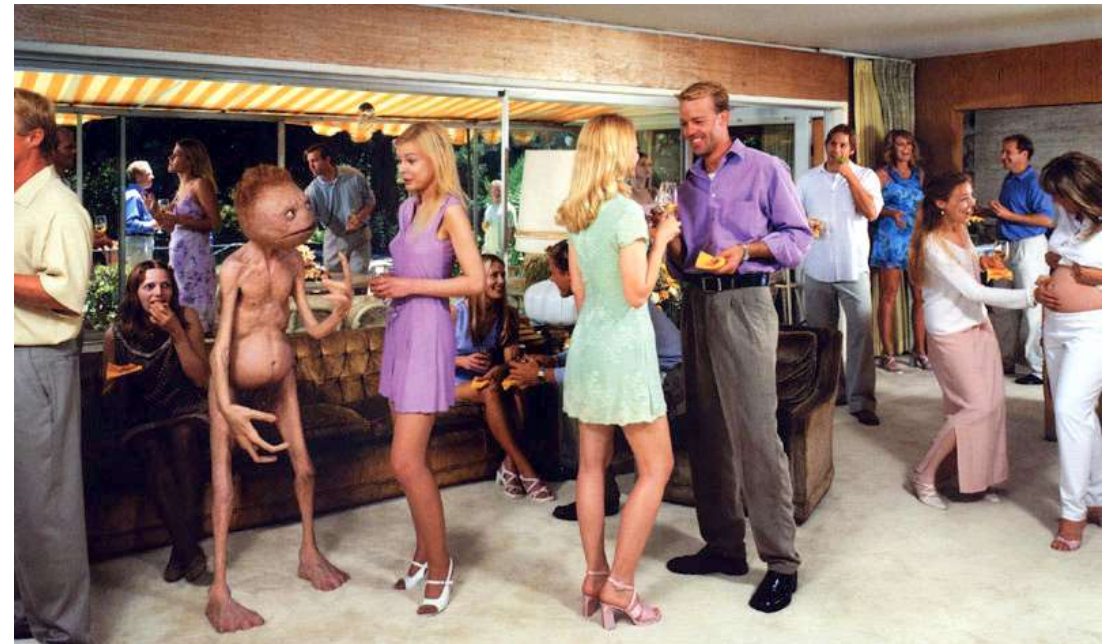
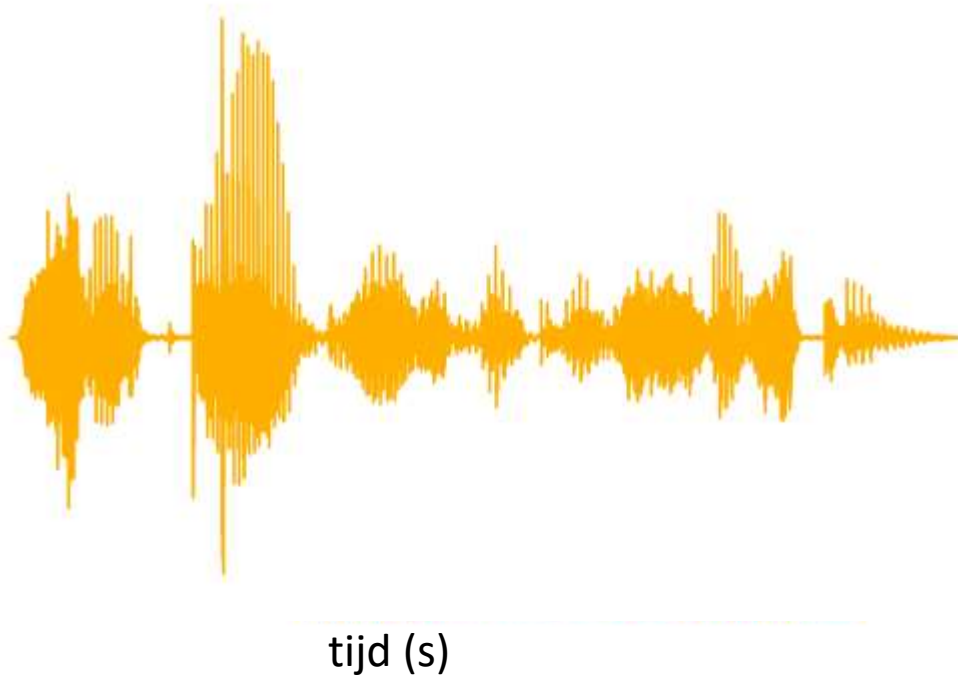


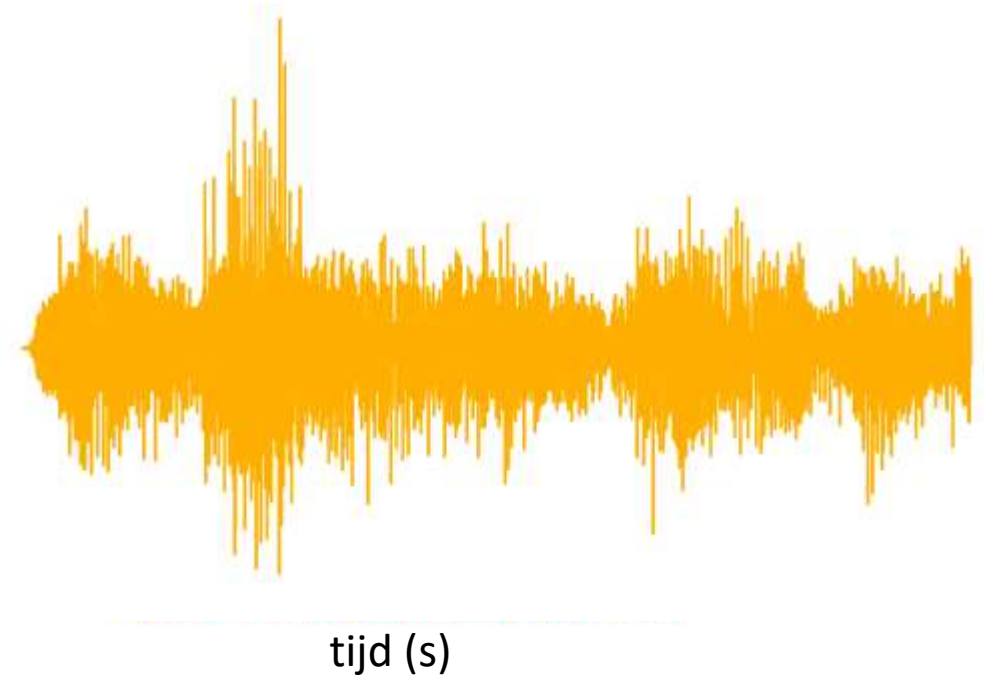
image credit: *Cocktail Party* by Charlie White (2000)c

Informatie van het gehoor

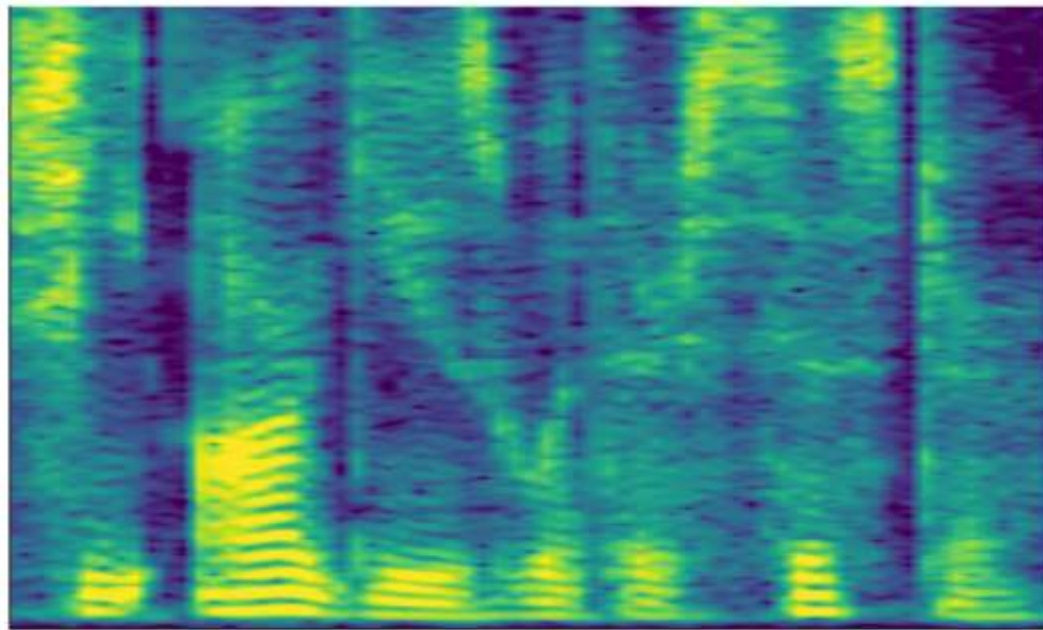
Een spreker



Acht sprekers

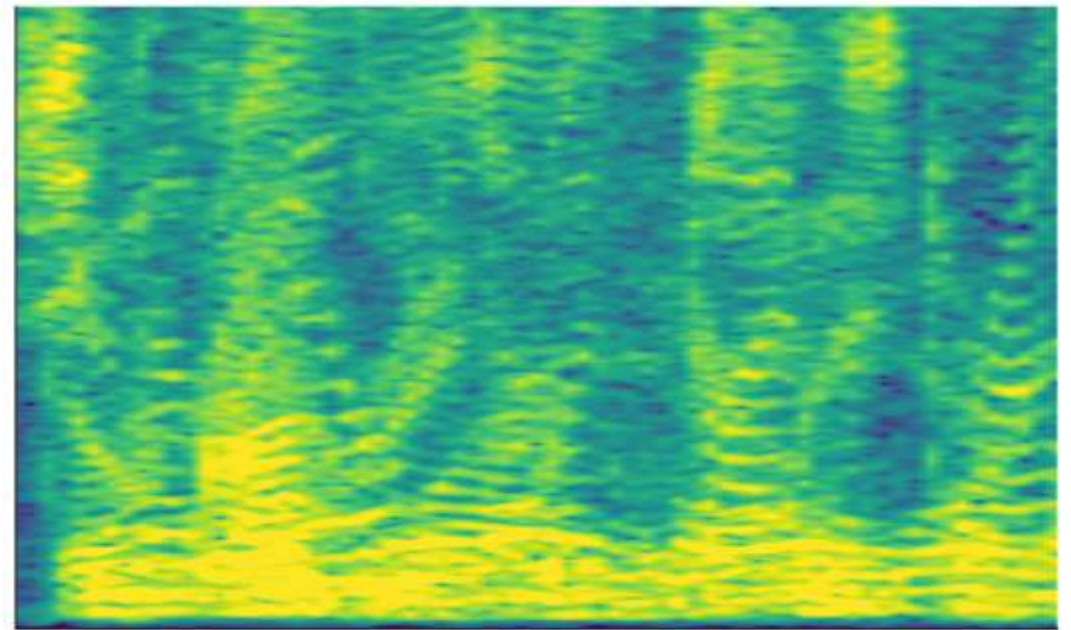


Slimme informatieverwerking (WAT?)



tijd (s)

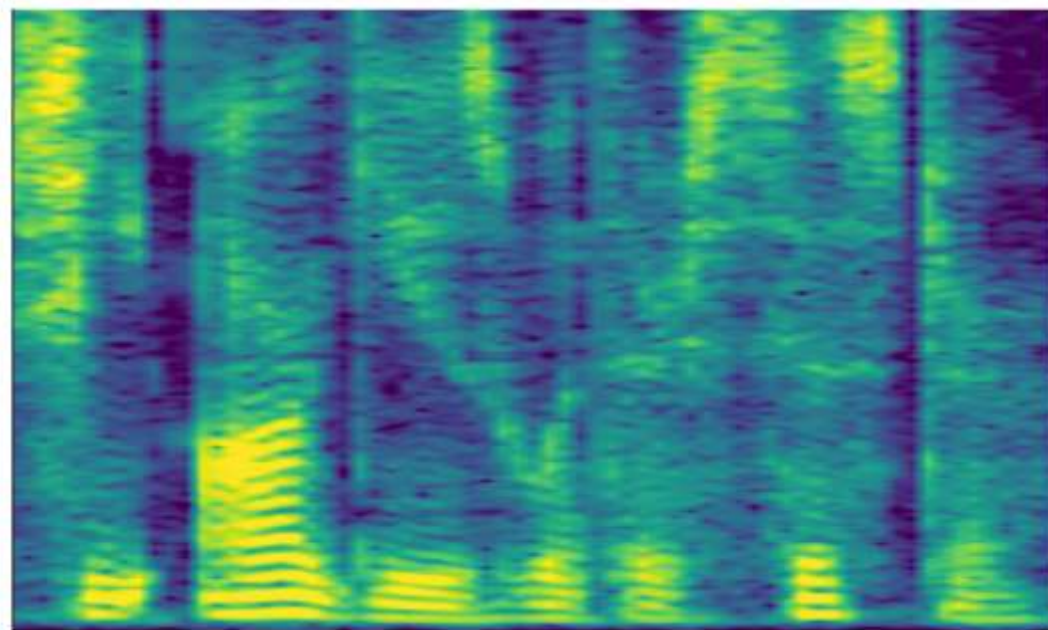
Frekwentie (Hz)



tijd (s)

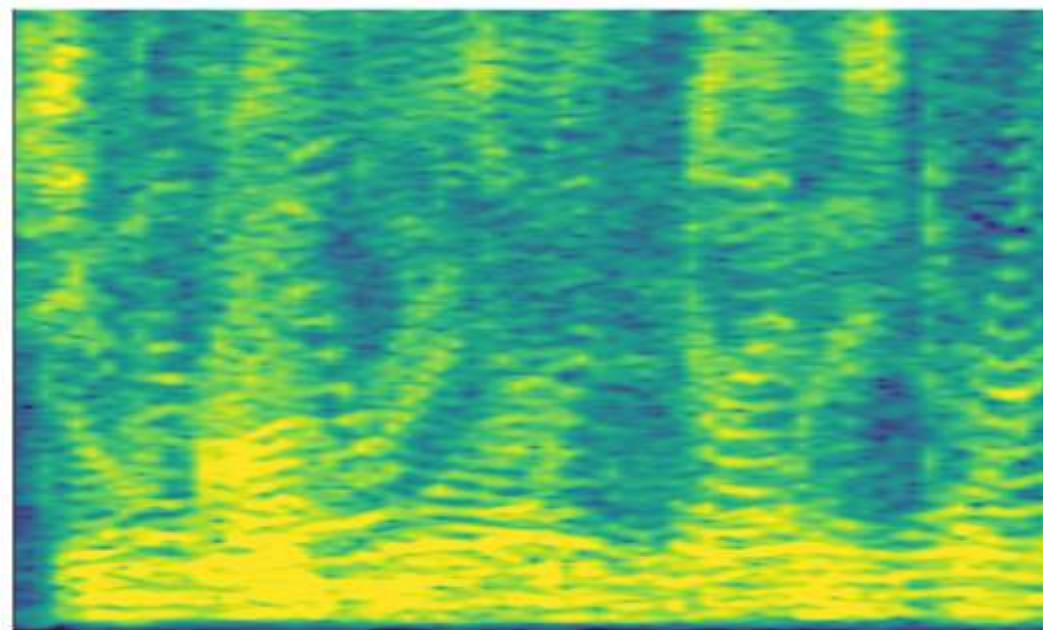


Andere informatie: voorkennis



tijd (s)

Frekwentie (Hz)



tijd (s)



Waar gaan we het over hebben?

- Principes en Modellen
- Audiovisuele lokalisatie
- Audiovisueel spraakverstaan
- Bewegende geluiden
- Integratie bij gehoorverlies
- Afsluiting

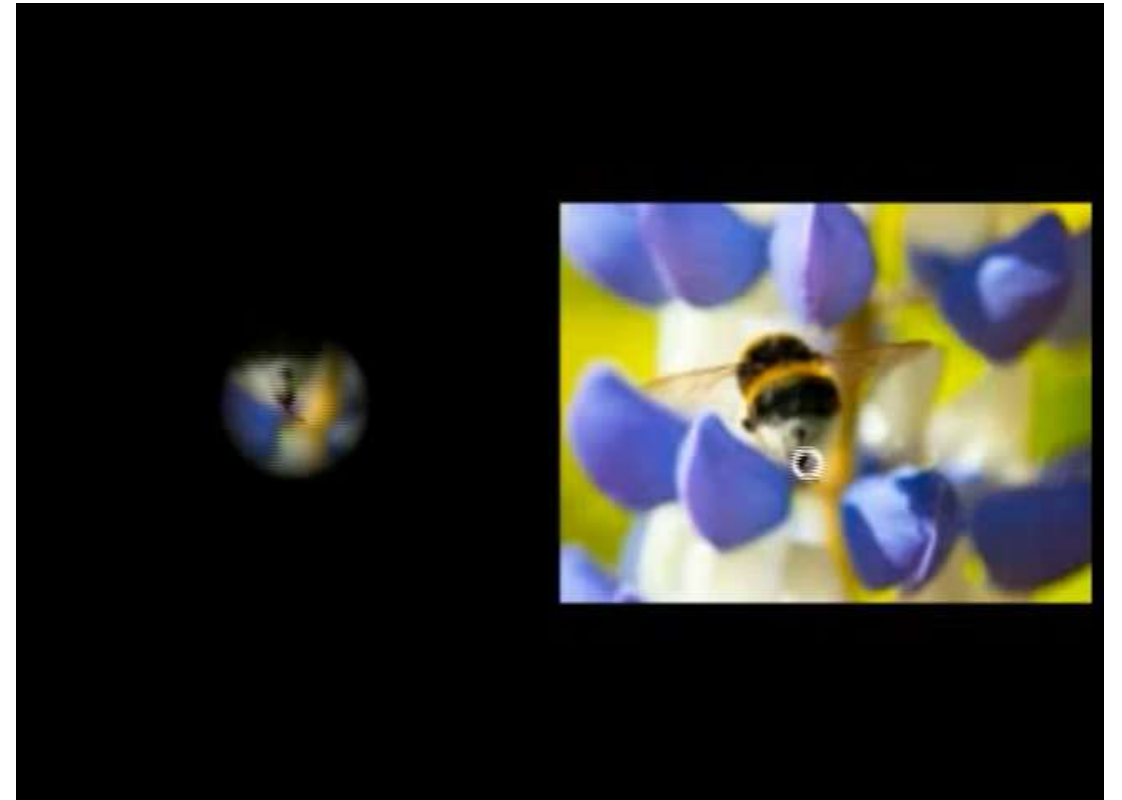


Principes en modellen

Hoe werkt het brein volgens de modellen?

Misverstanden over samenwerking van zintuigen

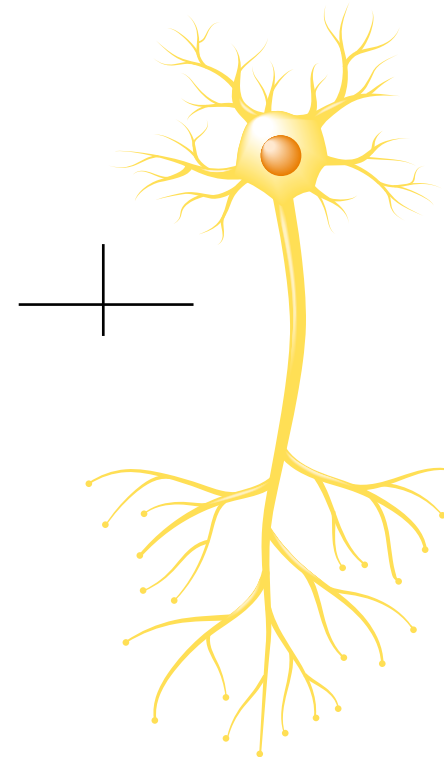
- Dominantie
- Complementariteit



Zwak

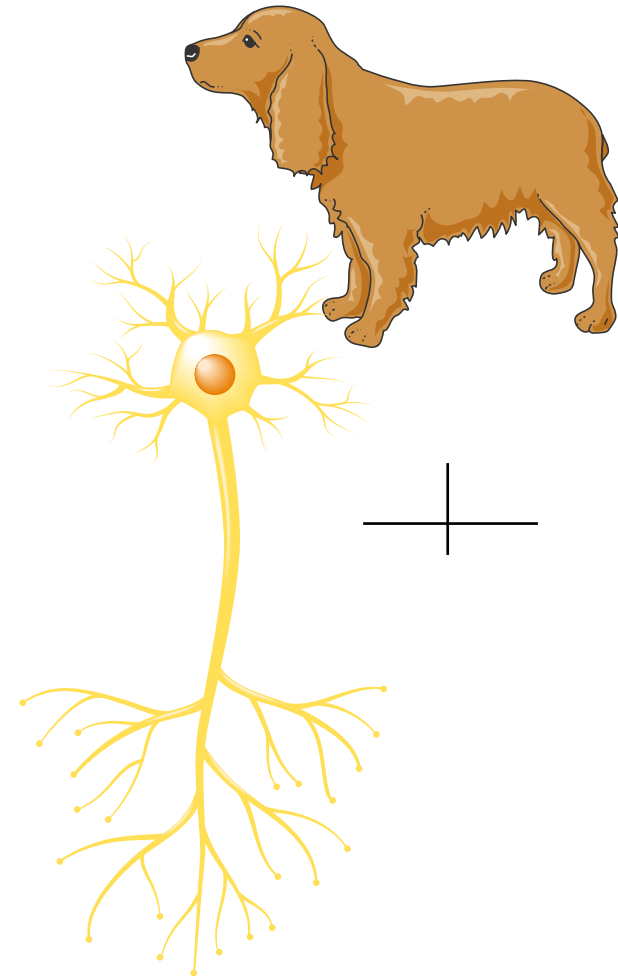
Neuronale respons is zwak voor
auditieve prikkel

WOEF!



Zwak

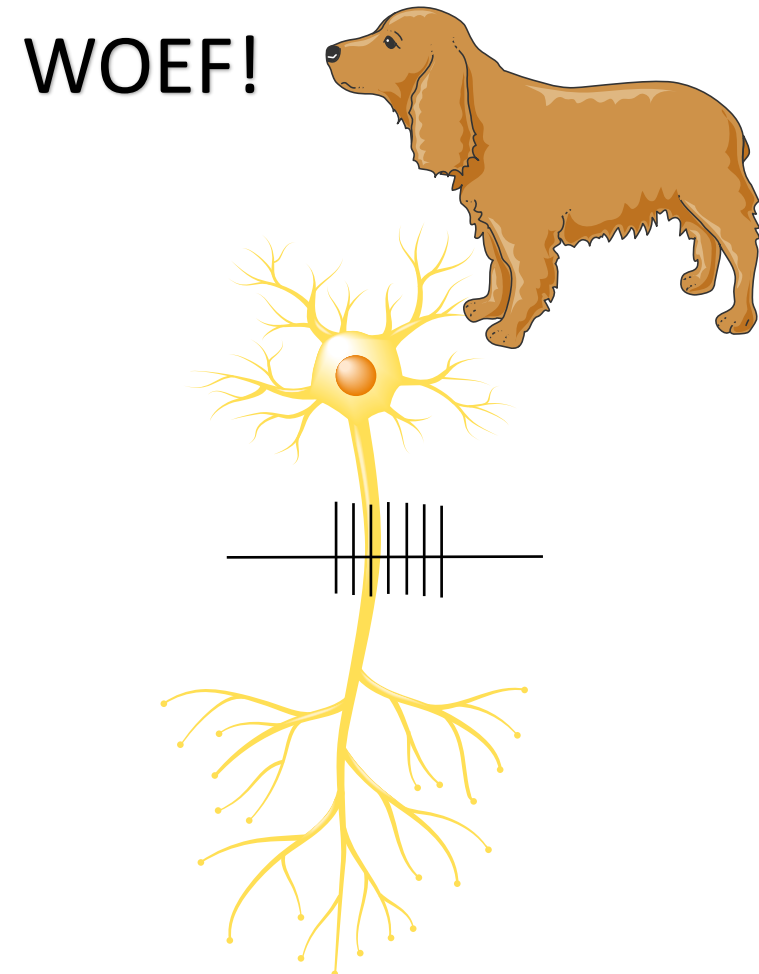
Neuronale respons is zwak voor
visuele prikkel



Sterk!

Versterking

- Visuele prikkel en auditieve prikkel zorgt voor sterke neuronale respons
- Het geheel is meer dan de som van de delen
- $1+1 = 7!$



WOEF!

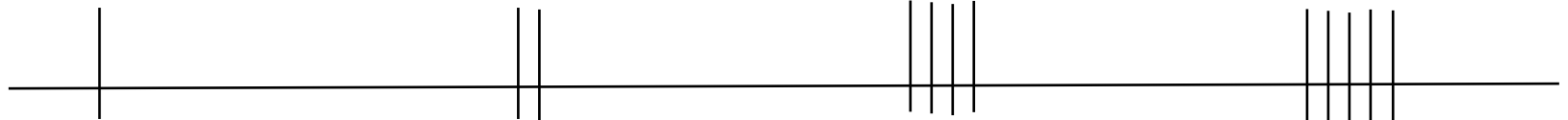
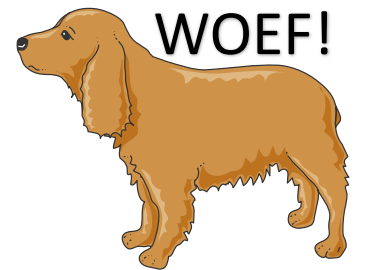
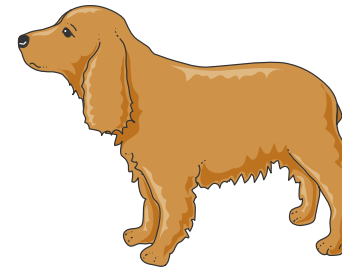
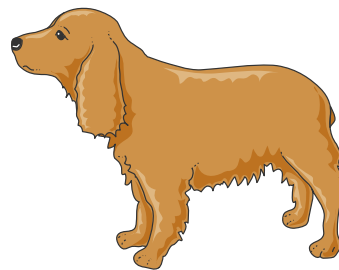
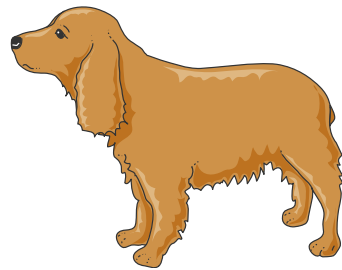
Spatiele en temporele congruentie

Als wat je ziet en wat je hoort
verder uit elkaar ligt, dan zal de
neuronale respons zwakker zijn

WOEF!

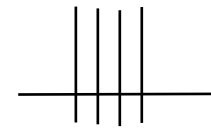
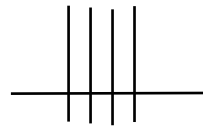
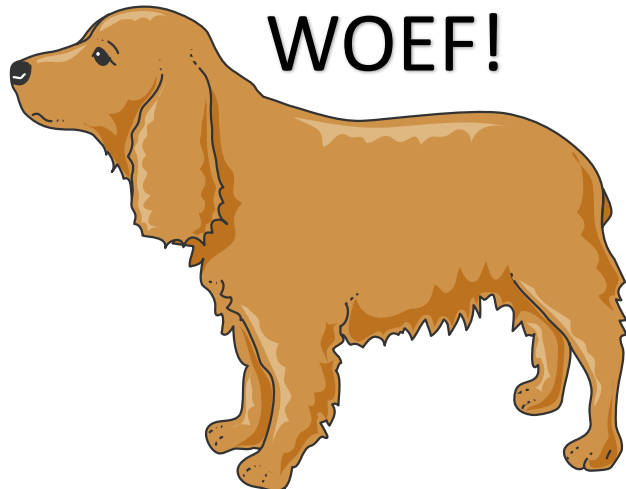
WOEF!

WOEF!

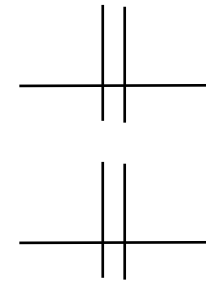
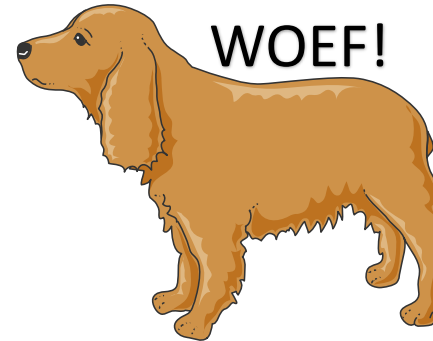


Inverse effectiviteit

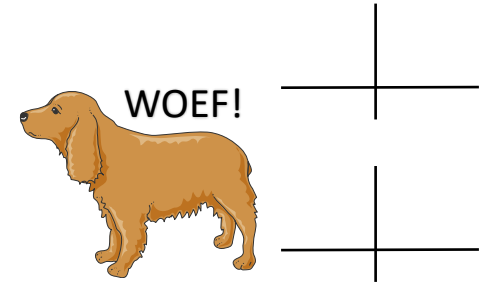
Hoe zwakker de enkele prikkels,
hoe meer de respons versterking
bij dubbele prikkel



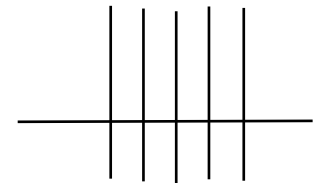
Som=4+4=8
Verbetering = -3



Som=2+2=4
Verbetering = 1



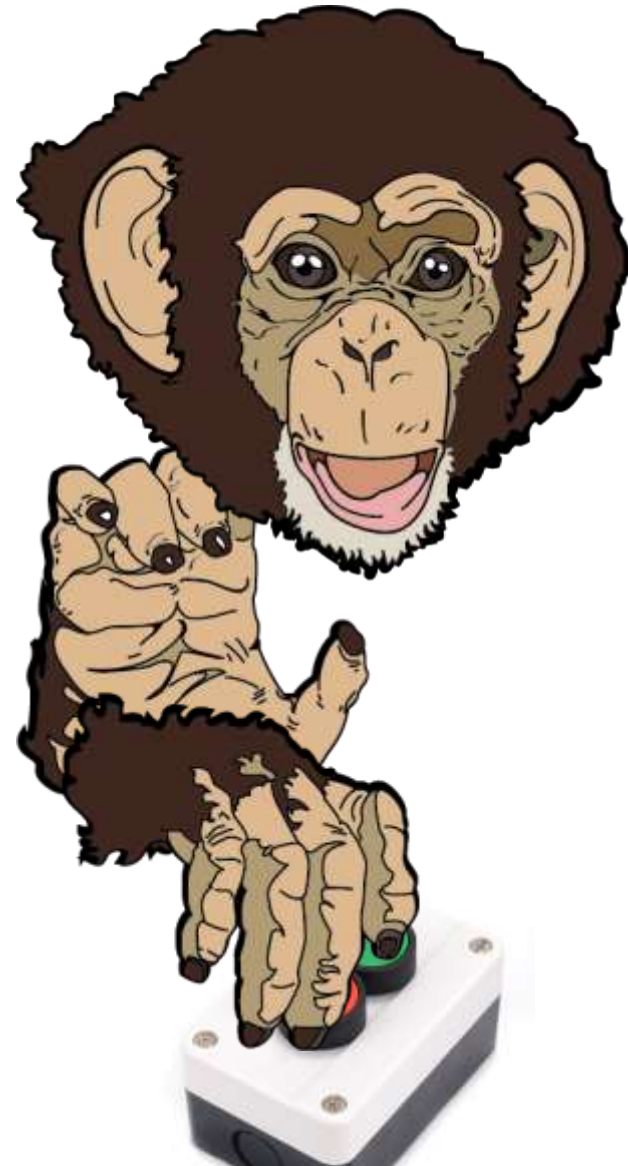
Som=1+1=2
Verbetering=3



Maar hoe werkt dat dan?

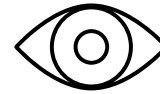
Sneller

Als je iets met twee zintuigen
waarneemt, reageer je sneller.



Race model - wie wint de wedstrijd?

- Een normatief model is het race model: wedstrijd tussen de twee zintuigen. Soms werken zintuigen niet samen, maar strijden ze om wie het eerst reageert.
- Hoor je het eerst of zie je het eerst? Het brein reageert zodra één van de twee iets detecteert.
- Het brein kiest steeds de snelste route — dat is de 'race'.
- Het brein is vaak sneller dan dit: echte integratie



300	320	300
148	321	148
259	141	141
181	240	181
331	333	331
270	245	220

Nauwkeuriger

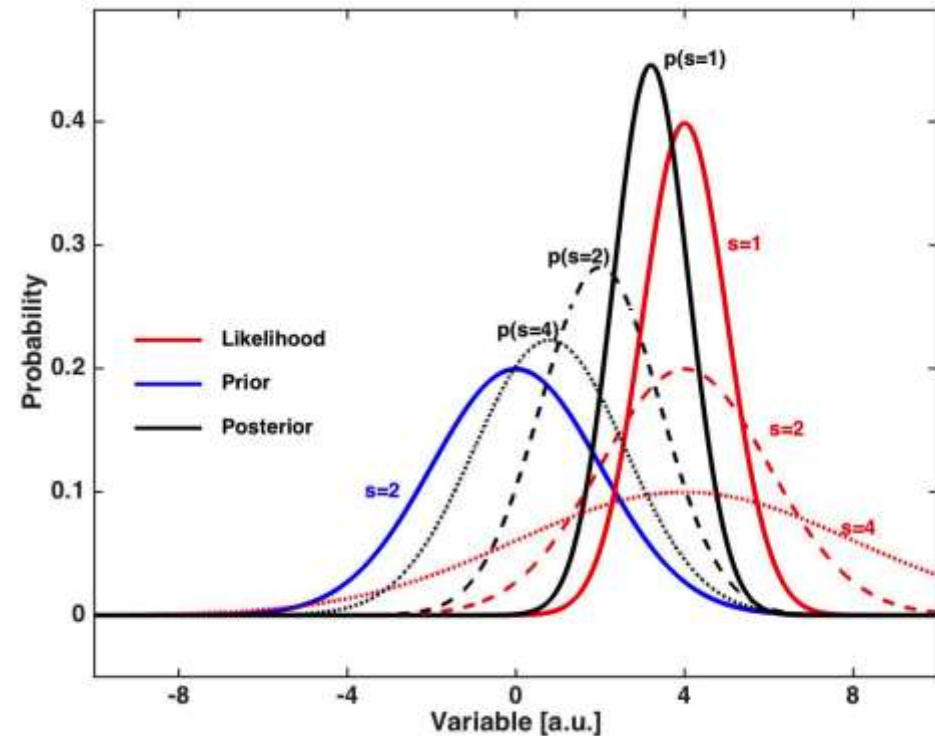
Een race model kan ook niet verklaren dat je nauwkeuriger wordt met 2 zintuigen tov 1.



image credit: *Where's Wally* by Martin Hanford

Optimale integratie – de beste gok

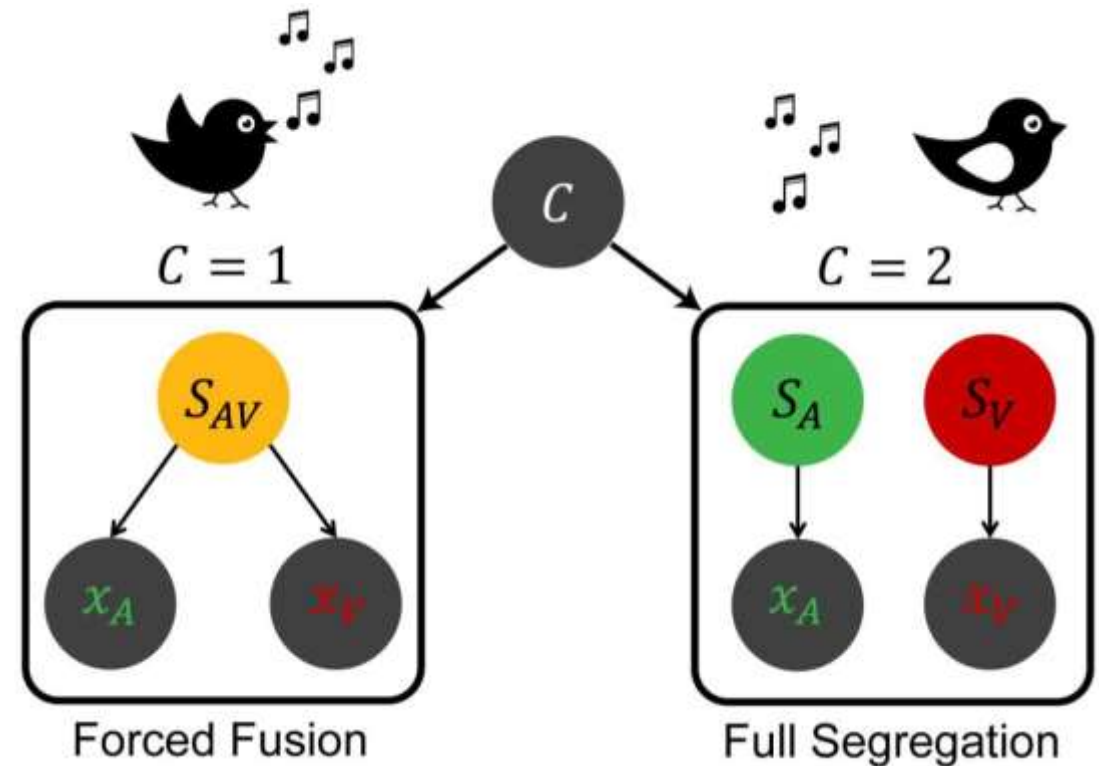
- Het brein combineert informatie van verschillende zintuigen op basis van betrouwbaarheid.
- Hoe kleiner de onzekerheid, hoe groter de invloed van dat zintuig.
- Het brein weegt beide signalen en maakt een gewogen gemiddelde.
- Je brein vertrouwt het meest op het zintuig dat het vaakst gelijk heeft.



Het brein gokt slim - horen ze bij elkaar of niet?

Bayesian Causal Inference

- Wanneer beeld en geluid niet precies overeenkomen, schat het brein of ze van dezelfde bron komen.
- Situaties:
 1. Dicht bij elkaar → Integratie ('het hoort bij elkaar')
 2. Ver uit elkaar → Scheiding ('twee aparte dingen')
 3. Tussenin → Twijfel, gedeeltelijke integratie
- Het brein gokt slim op basis van waarschijnlijkheid — net als een statisticus.



Reference: Koording, Beierholm, Ma et al., PlosOne (2007)

Oeps – er gaat iets mis

In natuurlijke, drukke omgevingen met veel prikkels is samenwerking (integratie) beter dan niet samenwerken

Maar: het is niet perfect, fouten blijven bestaan

Waar kan integratie fout gaan:

- Problemen met 1 zintuig (foute waarneming verstoort waarneming van ander zintuig)
- Foute weging (1 zintuig wordt als te belangrijk geacht)
- Foute inferentie (waarnemingen worden foutief bestempeld als afkomende van 1 of 2 bronnen)

Wat leren we hiervan?

- In natuurlijke, drukke omgevingen met veel prikkels is samenwerking (integratie) beter dan niet samenwerken
- We worden sneller
- We worden nauwkeuriger
- Het kost minder moeite

Audiovisuele lokalisatie

Toepassingen in onderzoek

Buiksprekerseffect

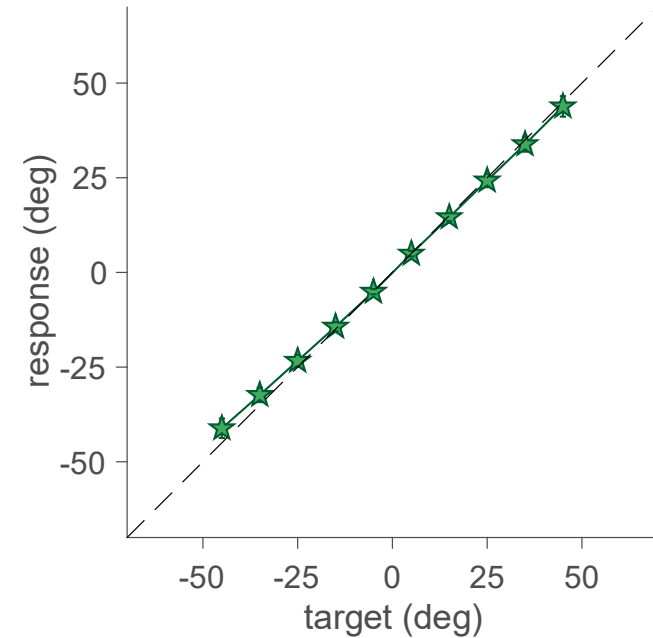


Experiment: kijk!



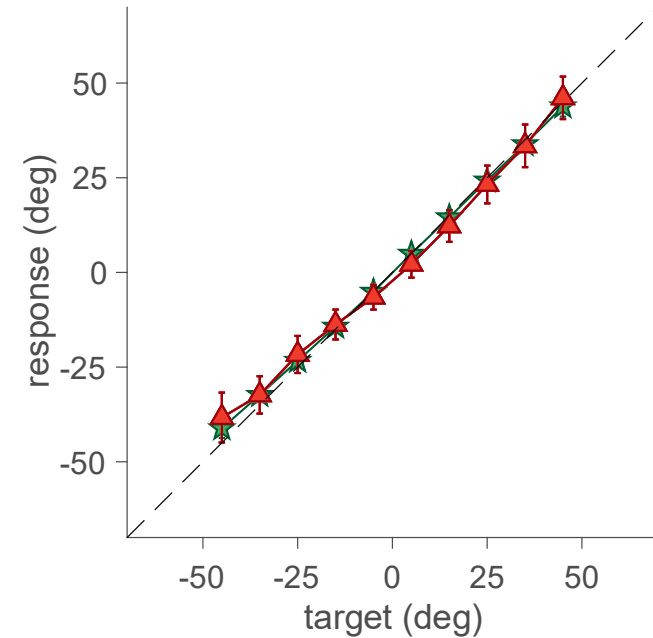
Visuele lokalisatie

We kunnen heel goed zien waar lampjes zijn



En auditieve lokalisatie

We kunnen heel goed zien waar geluidjes zijn



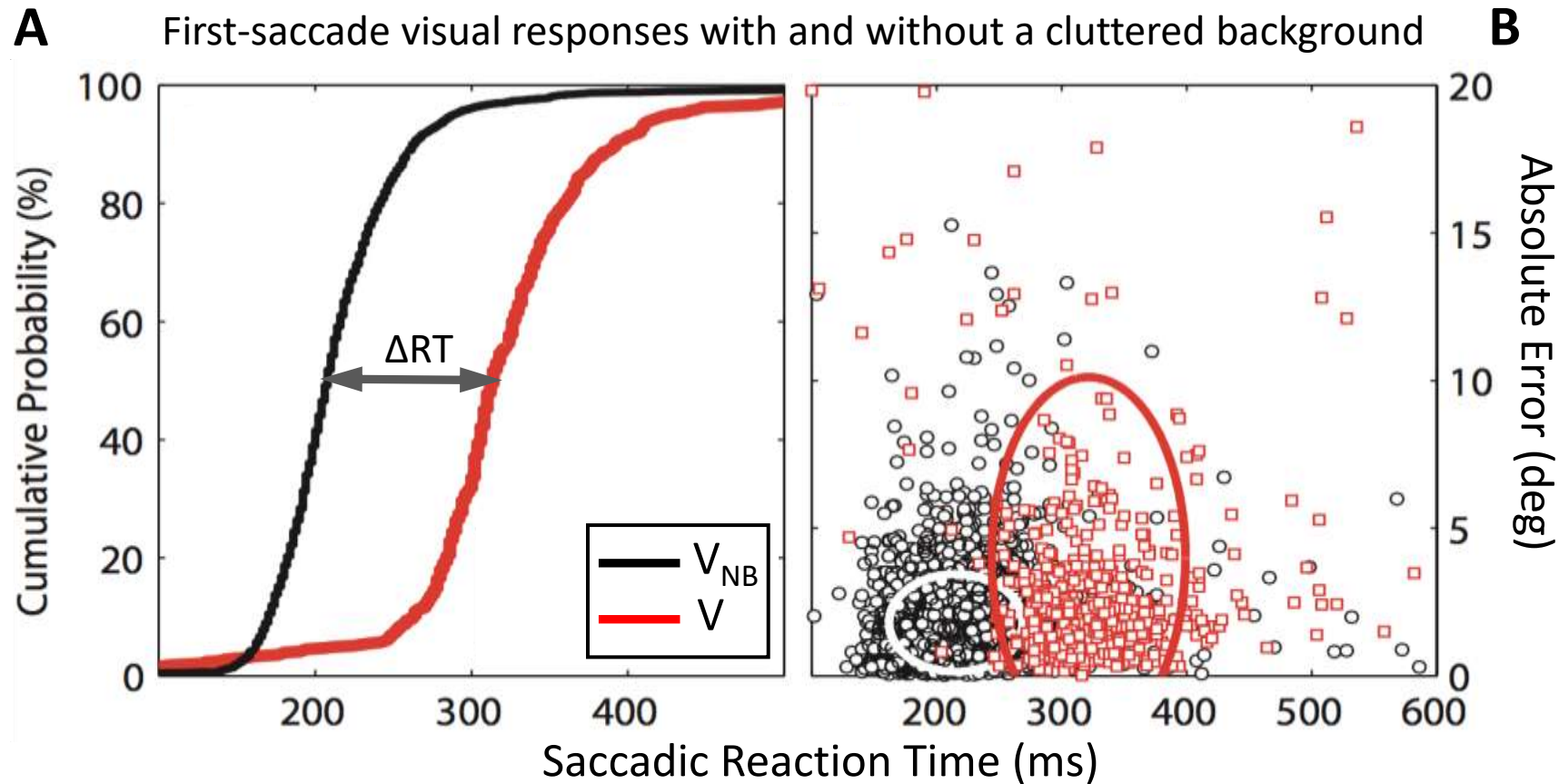
Audiovisuele lokalisatie

Omdat het zo goed gaat, moeten
we het moeilijker maken

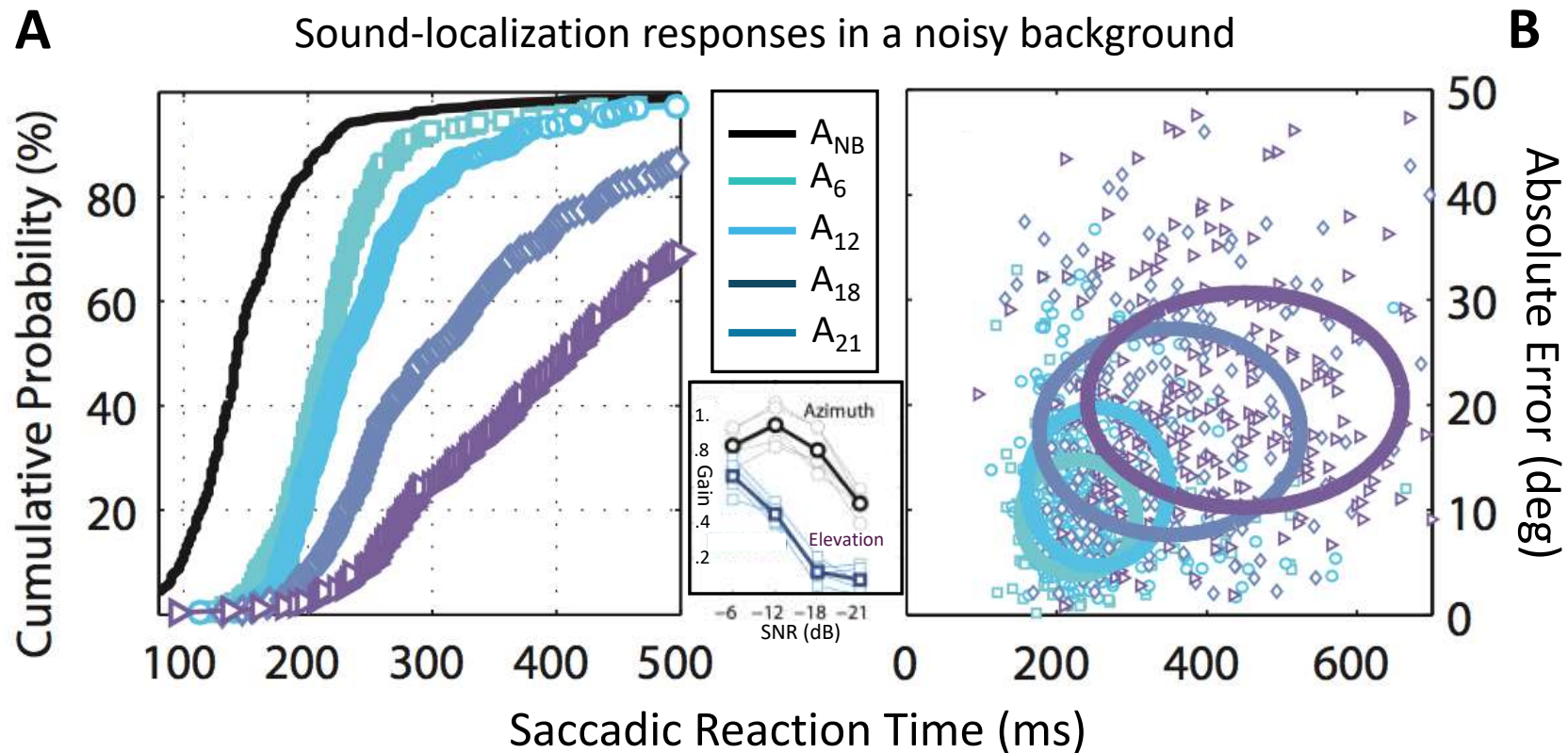
Met achtergrond



Visuele lokalisatie wordt moeilijker

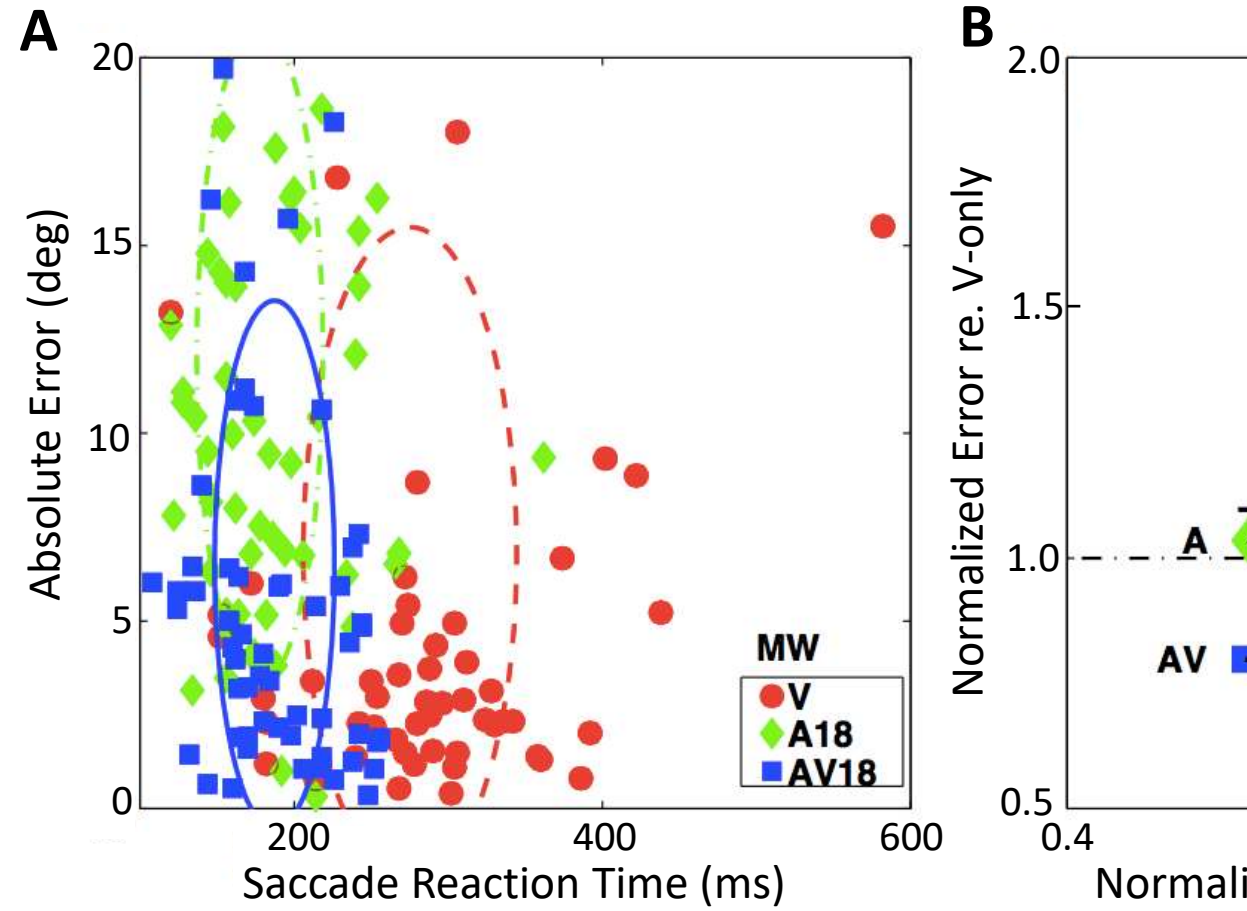


Auditieve lokalisatie wordt moeilijker



Best of both worlds

- Zo snel als gehoor
- Zo nauwkeurig als zicht
- En vaak ook iets beter
- Inverse effectiviteit



En wat leren we hiervan?

Audiovisueel spraakverstaan

Hoe helpt kijken bij het verstaan van spraak in lawaai?

McGurk Effect

<https://youtu.be/2k8fHR9jKVM>



Video credit: <https://youtu.be/2k8fHR9jKVM>

Spraakherkenning

- Nederlandse Matrix Test
- Mensen moeten luisteren naar zinnen met 5 woorden

	Name	Verb	Numeral	Adjective	Object	
	Anneke	geeft	twee	dure	bloemen	
	Christien	had	drie	goede	boeken	
	Heleen	kiest	vier	groene	boten	
	Jan	koopt	vijf	grote	dozen	
	Mark	maakte	zes	kleine	fietsen	
	Monique	tekent	acht	mooie	messen	
	Pieter	telde	negen	nieuwe	munten	
	Sarah	vond	tien	oranje	ringen	
	Tom	vroeg	twalf	vuile	schoenen	
	Willem	wint	achttien	zware	stenen	

Audiovisuele spraakherkenning



KIJK



KIJK & LUISTER

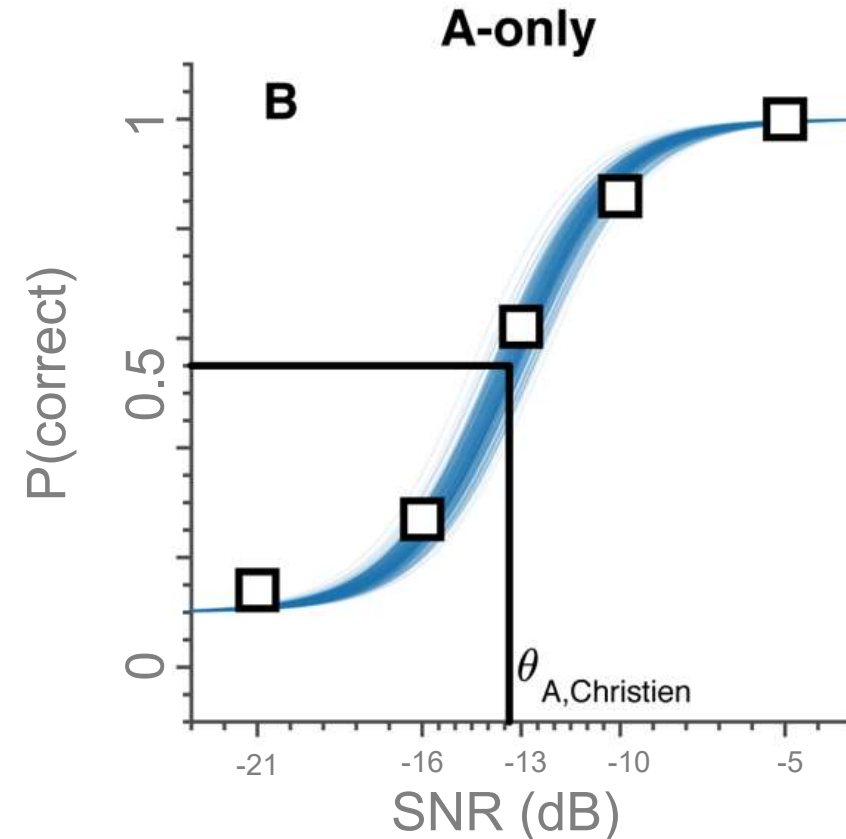


KIJK



Luisteren in ruis

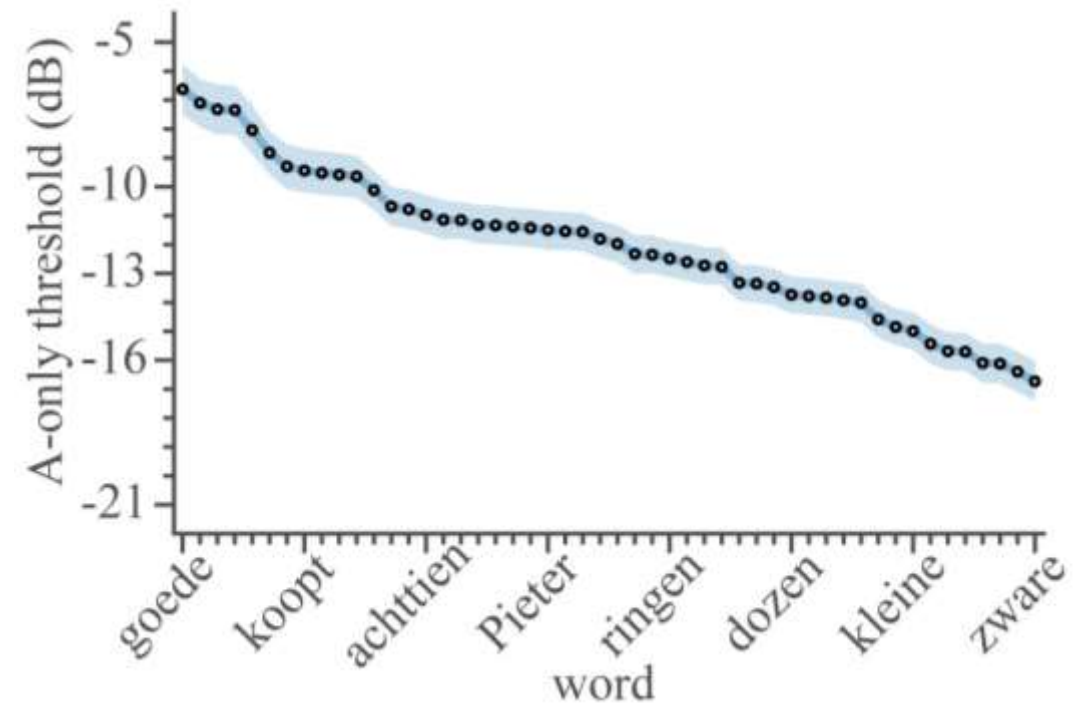
- Als het signaal zwakker wordt
- Of de ruis sterker
- Dan is het moeilijker om spraak te verstaan
- Multisensorische verbetering?



$$F_A(\text{SNR}, \theta_A, \omega_A) = \left(1 + e^{-\frac{2 \ln 9}{\omega_A} (\text{SNR} - \theta_A)} \right)^{-1}$$

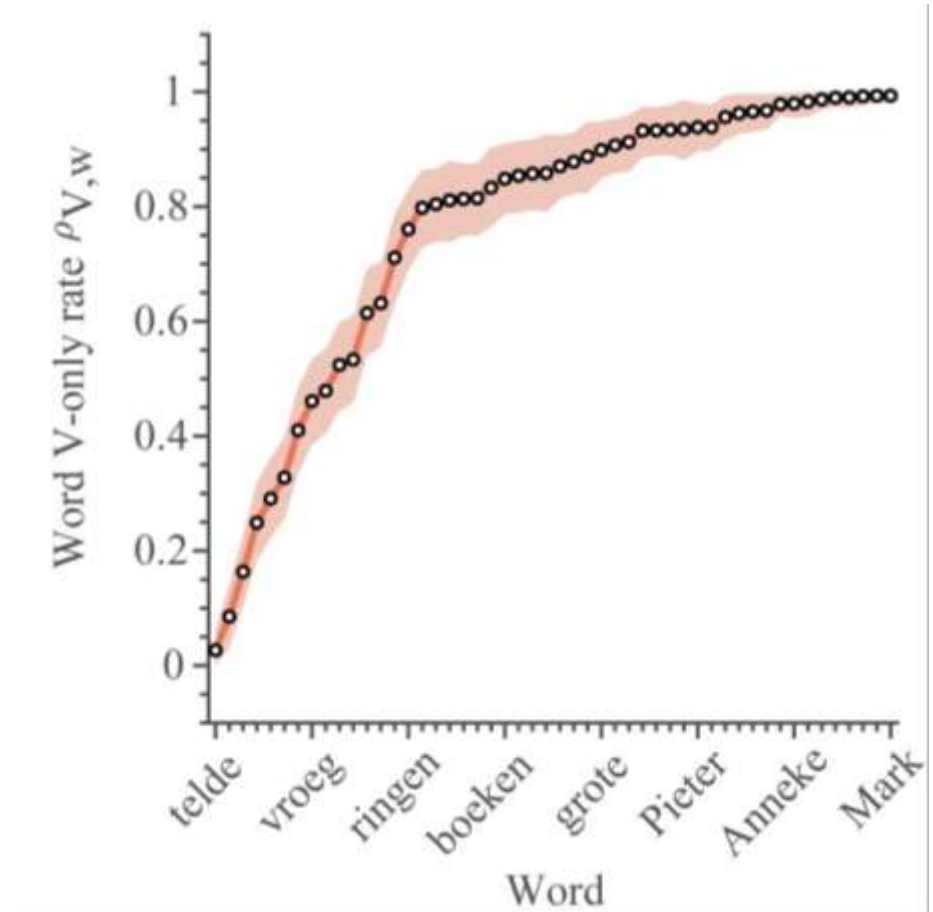
Luisteren naar woorden

Sommige woorden zijn
makkelijker om te horen



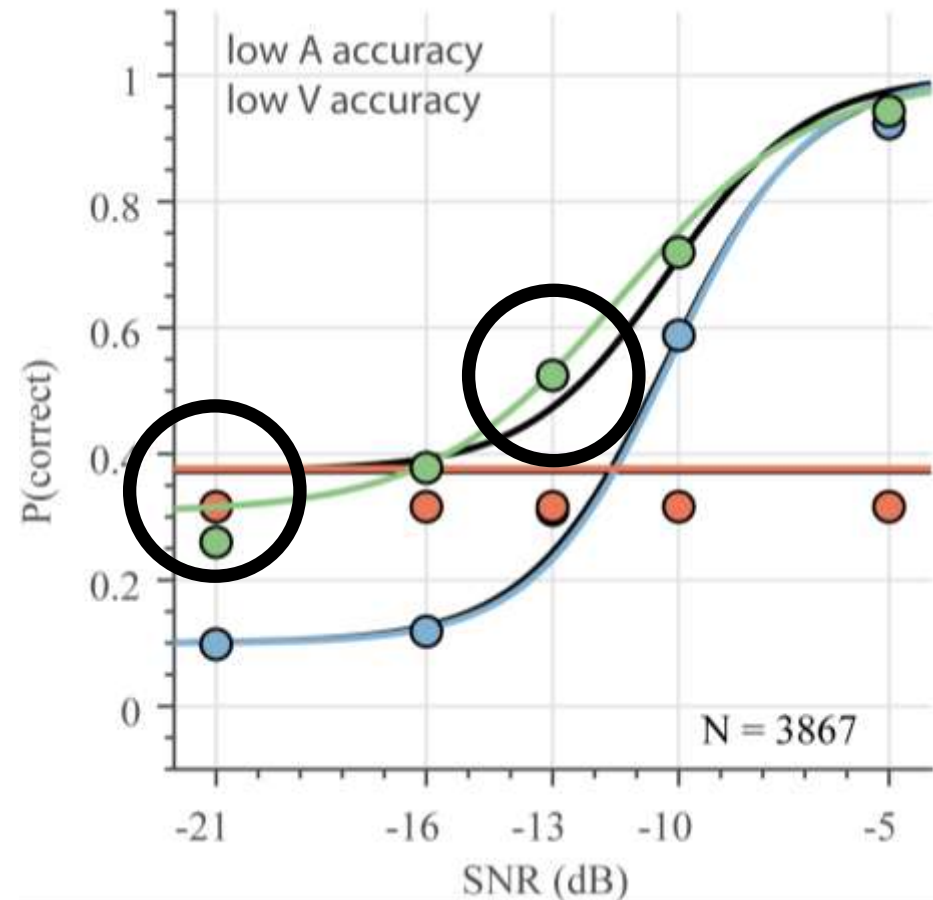
Liplezen

Sommige woorden zijn
makkelijker om te liplezen

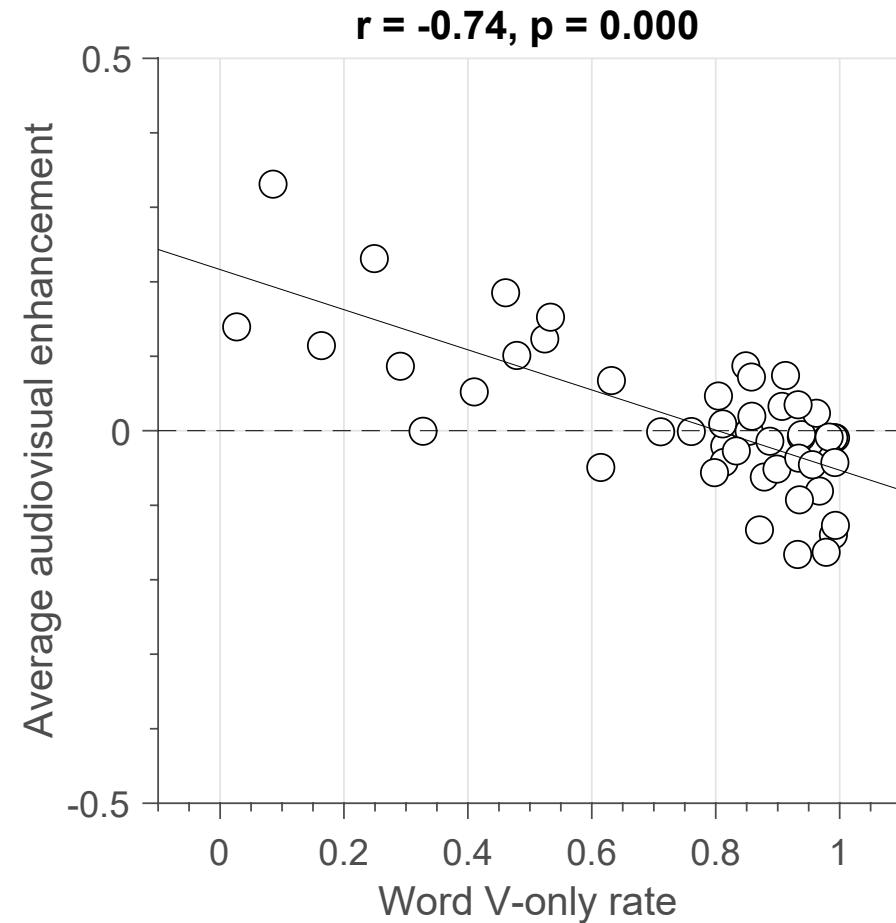
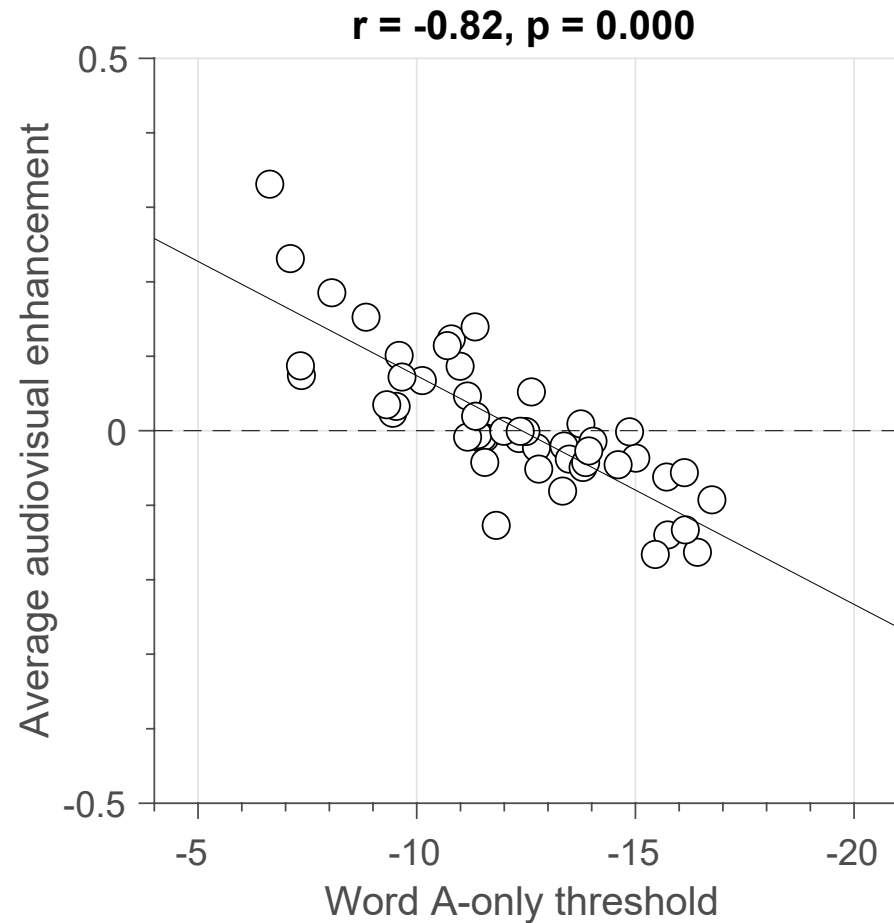


Multisensorische verbetering

- Je hoort beter als je ook lipleest
- Het lijkt wel voornamelijk een SOM te zijn

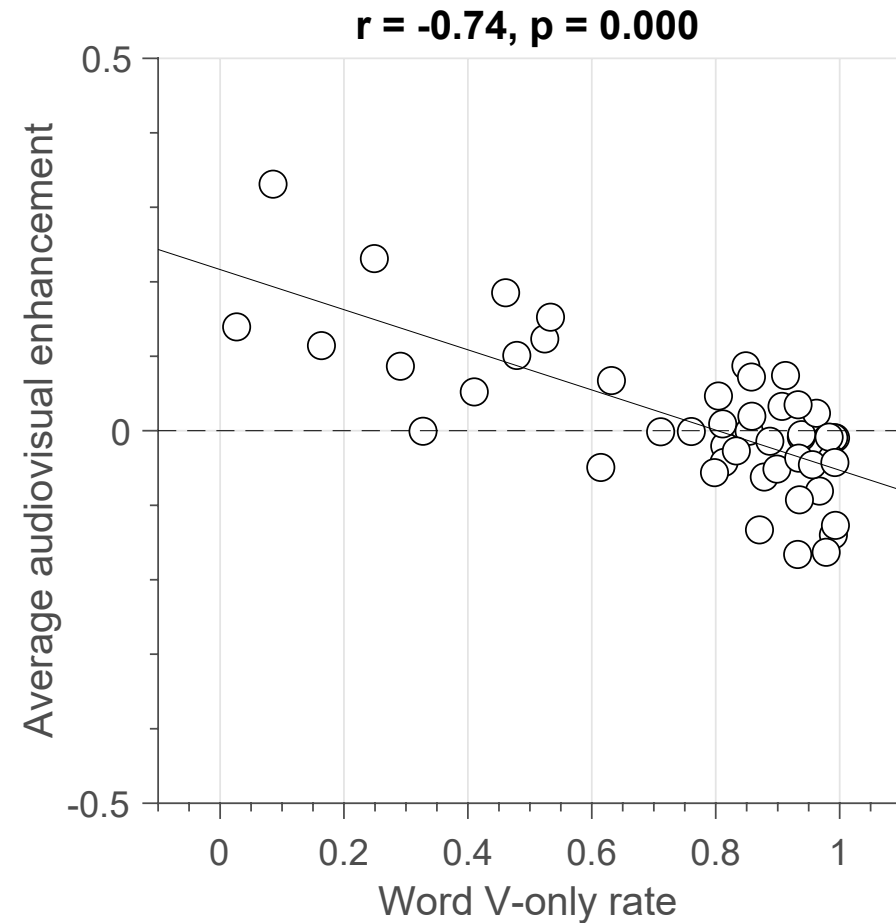
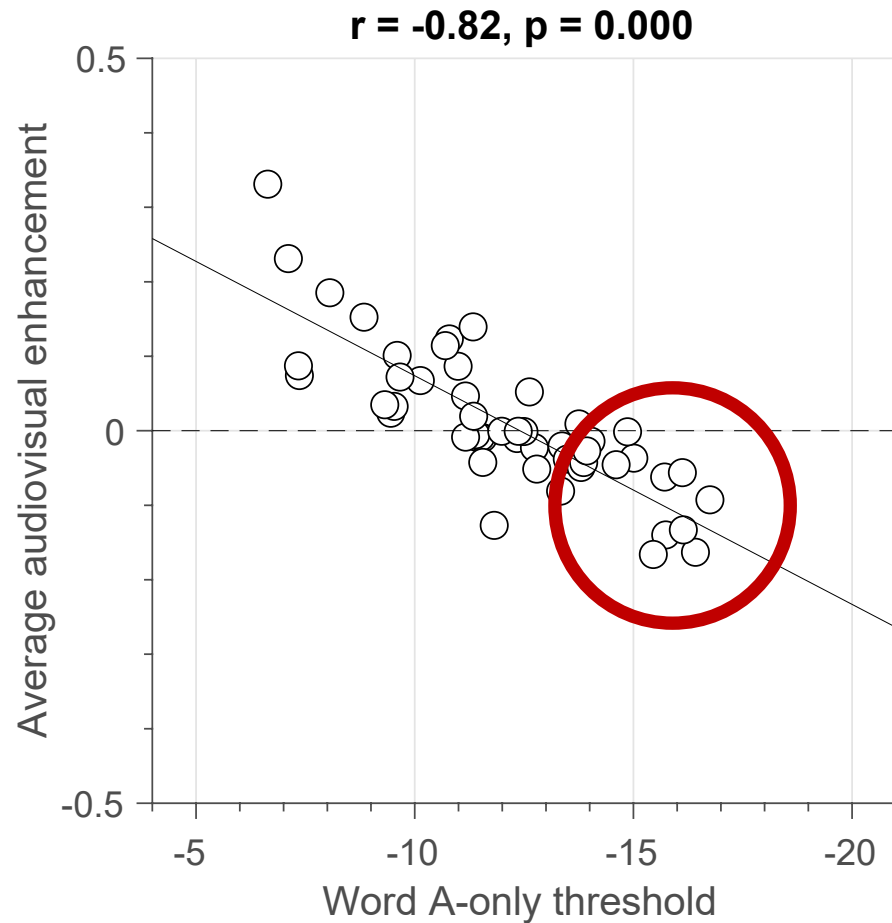


Inverse effectiviteit



Probleem?

Liplezen maakt het moeilijker om te luisteren?



Wat leren we hiervan?

We verstaan beter als we luisteren
én kijken

Het brein combineert zintuigen
slim, maar niet altijd perfect

In lawaai is liplezen extra
waardevol

Te veel ruis of aandacht kan
integratie verstoren

Kijken helpt – maar je brein moet
weten waarnaar



AI generated: ChatGPT 5, 2025

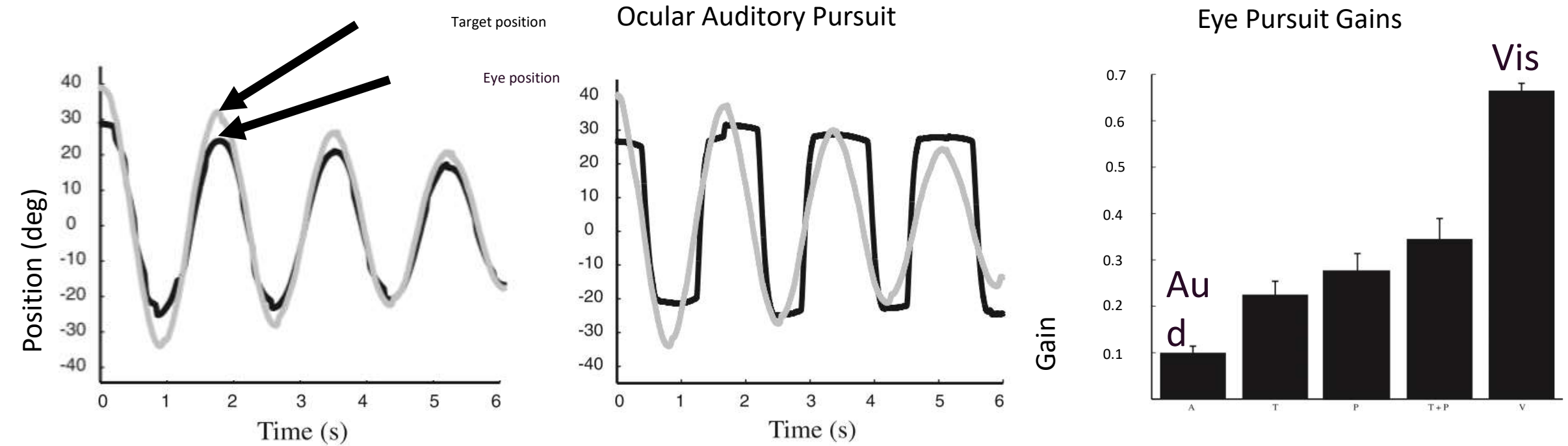
Bewegende geluiden

- future: auditory pursuit



Auditory Pursuit

Ocular tracking

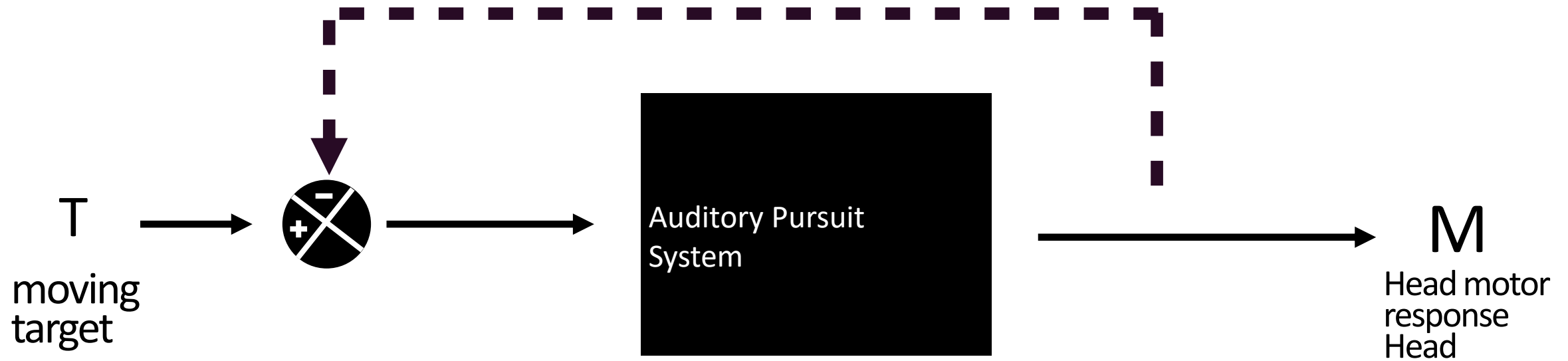


Conclusion

Human auditory system is deprived of a Pursuit System!

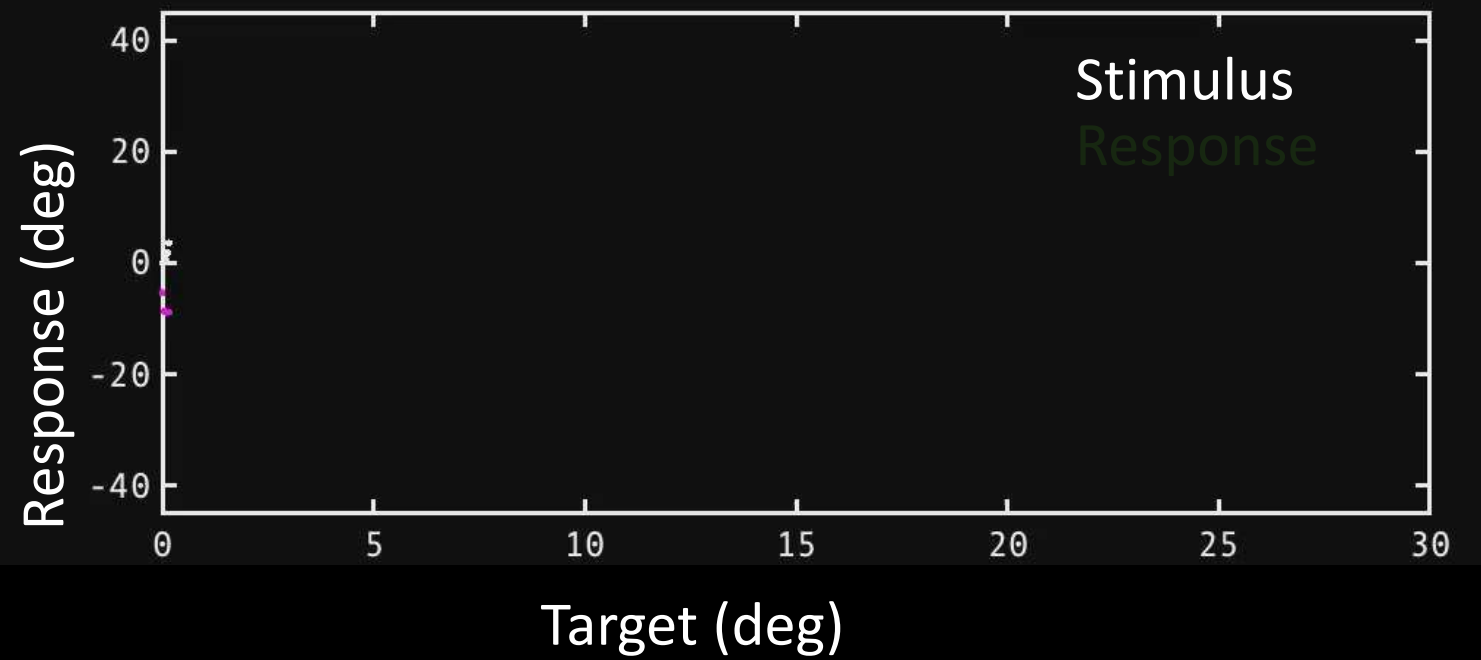
Auditory Pursuit

Head based tracking

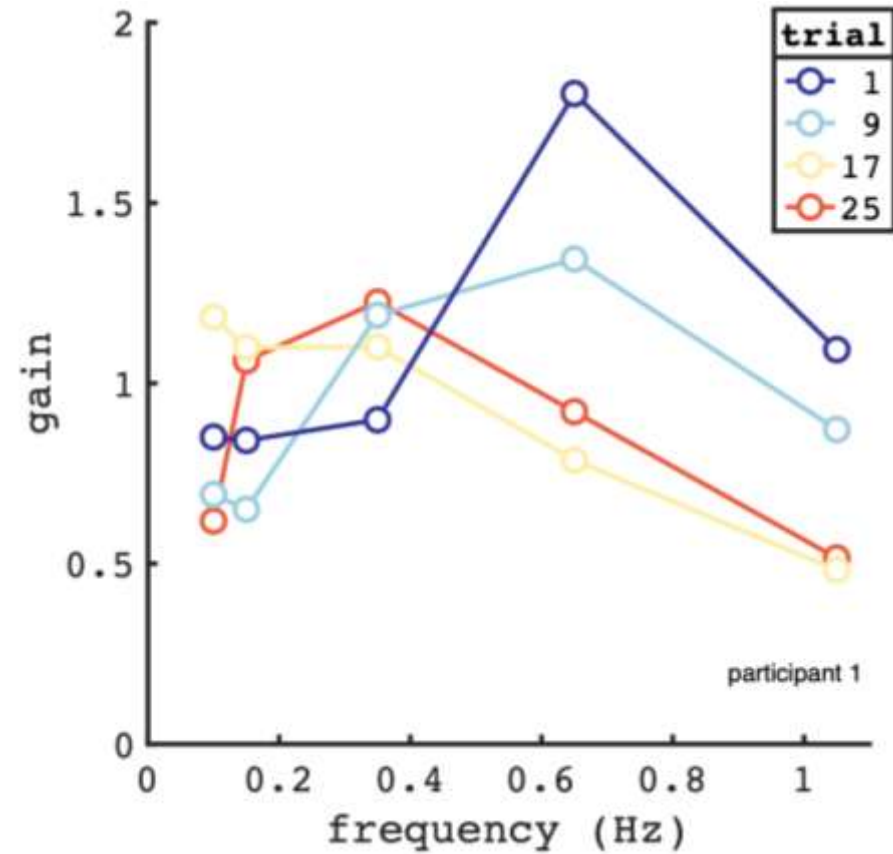
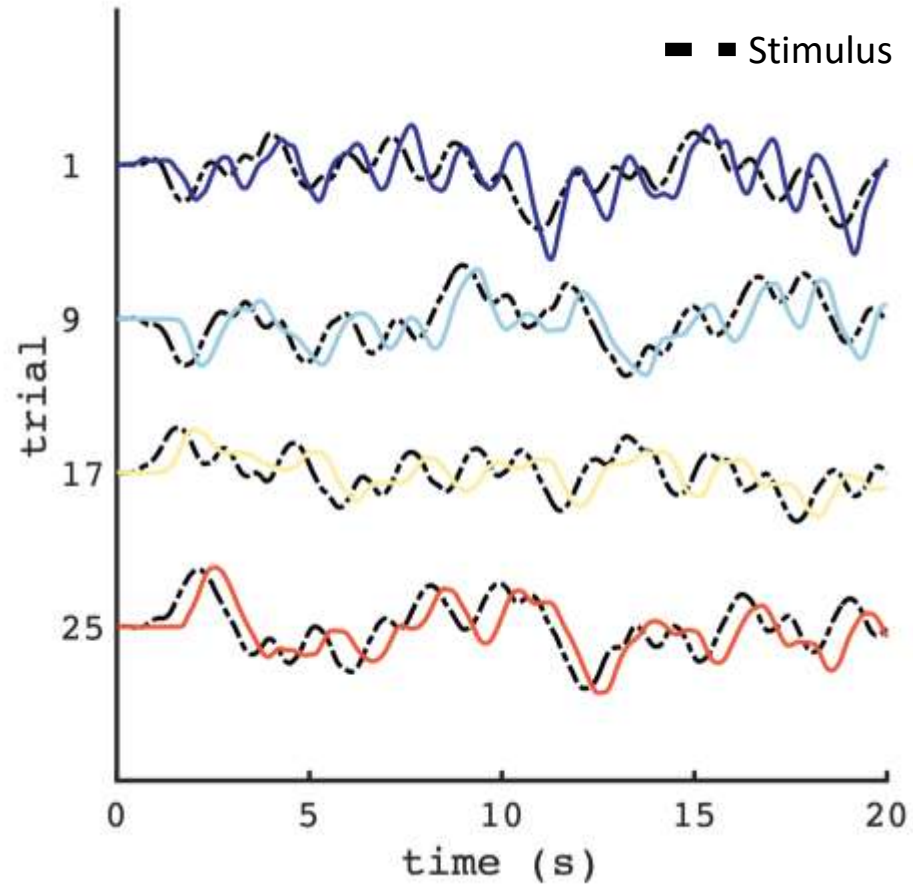




Last week



Auditory Pursuit



participant 1

Integratie bij gehoorverlies

Hoe het mis kan gaan

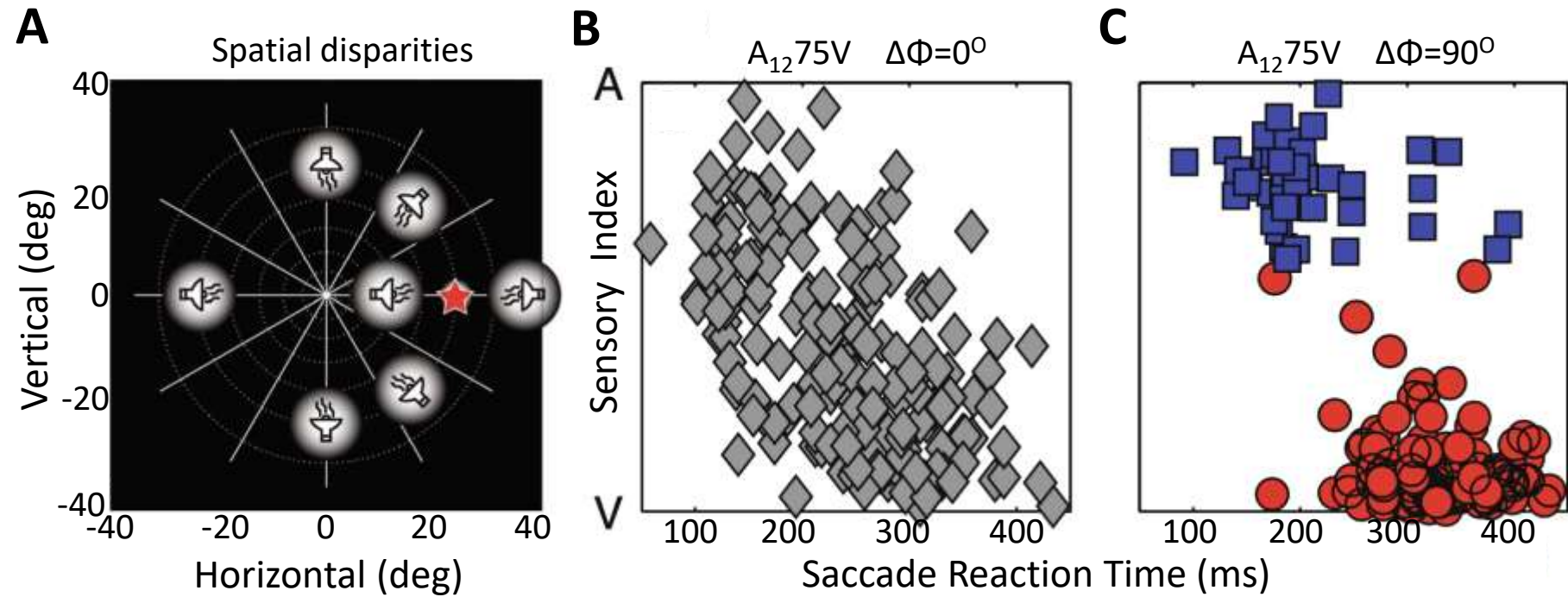
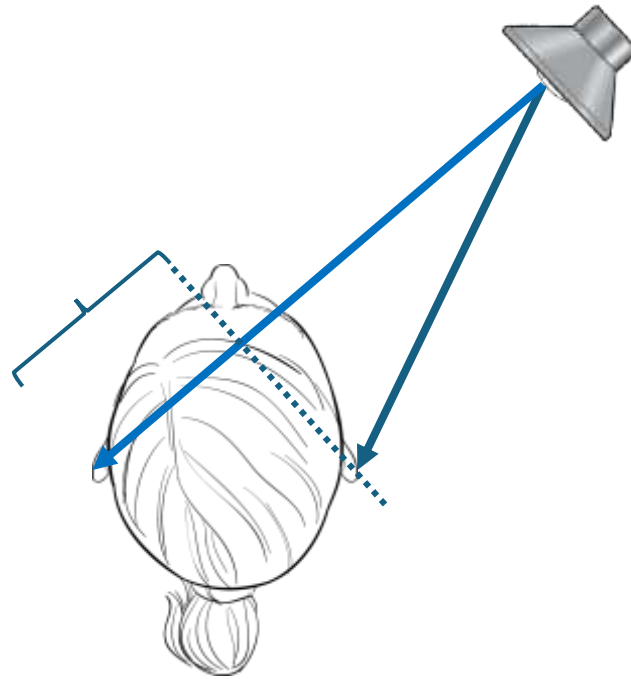
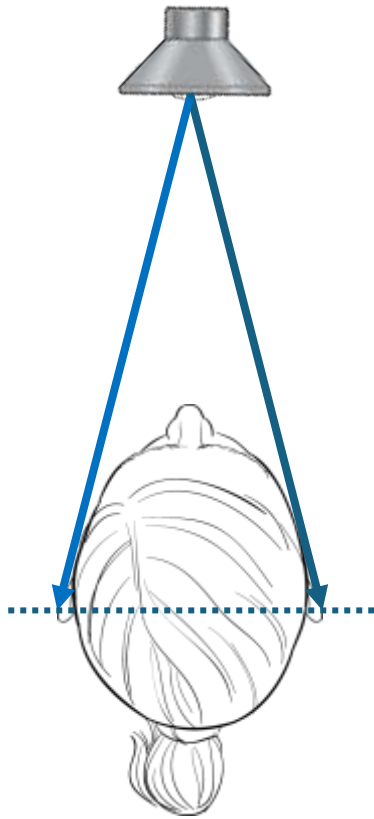


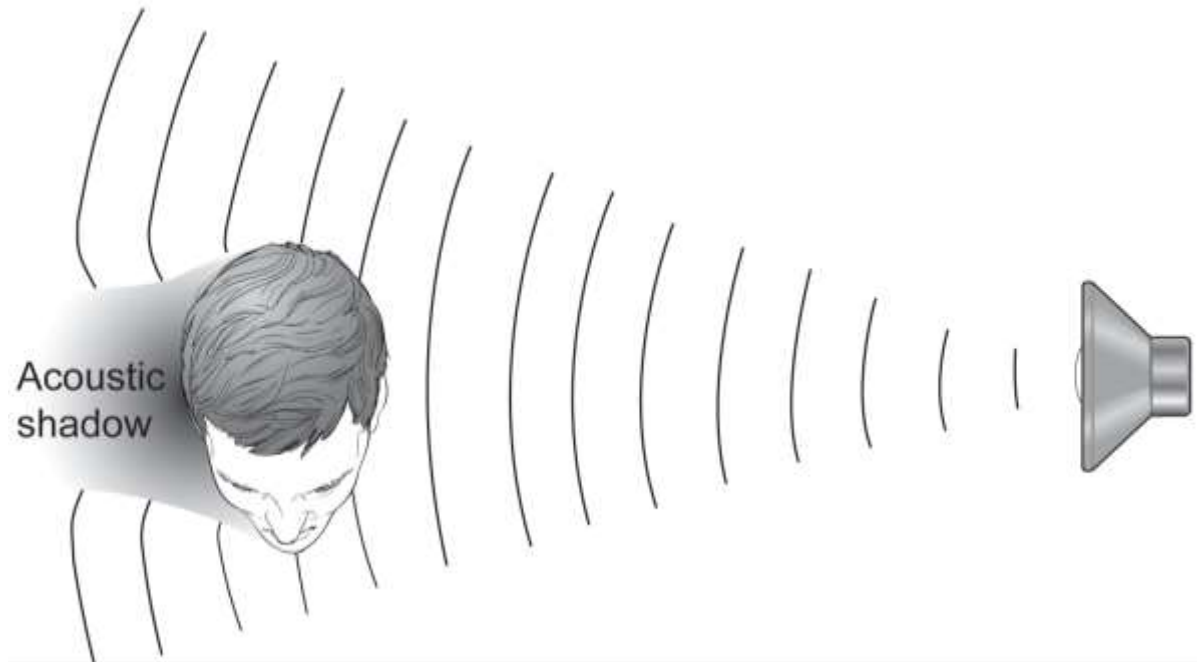
Figure 13-13

sound localisation: Interaural **Time** Difference



- shortest path length difference to the close ear
- < 1.5 kHz

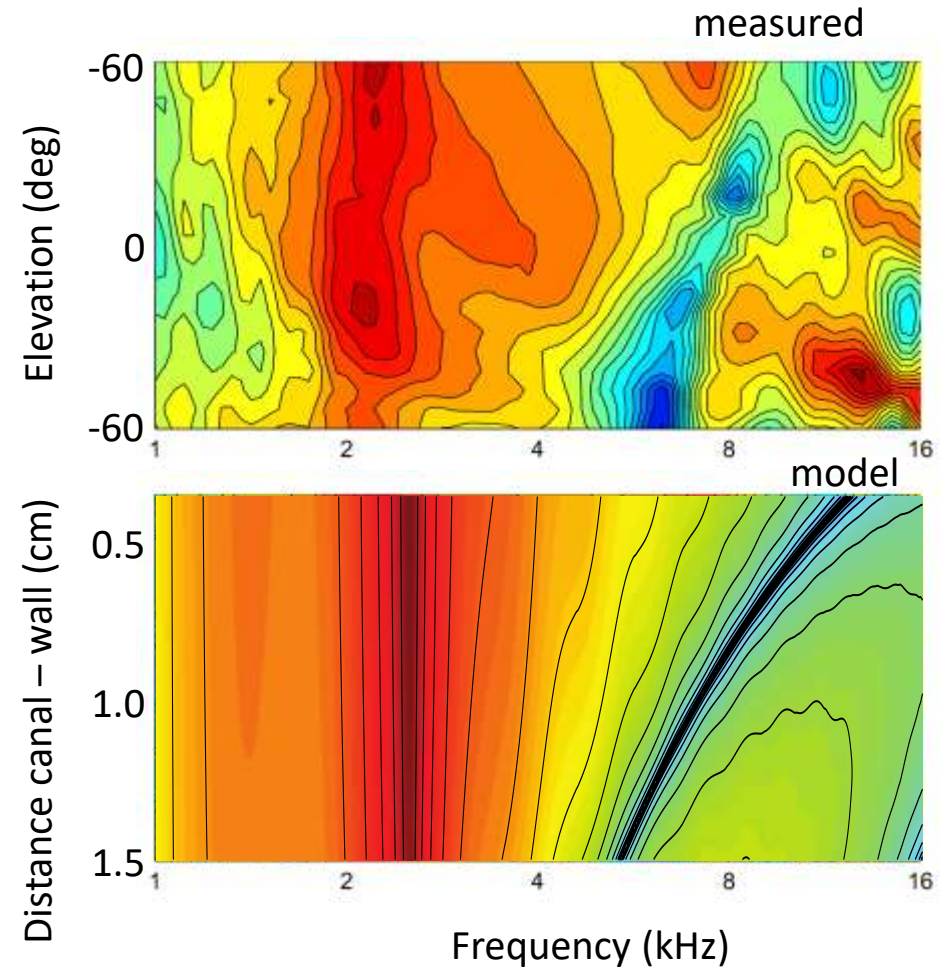
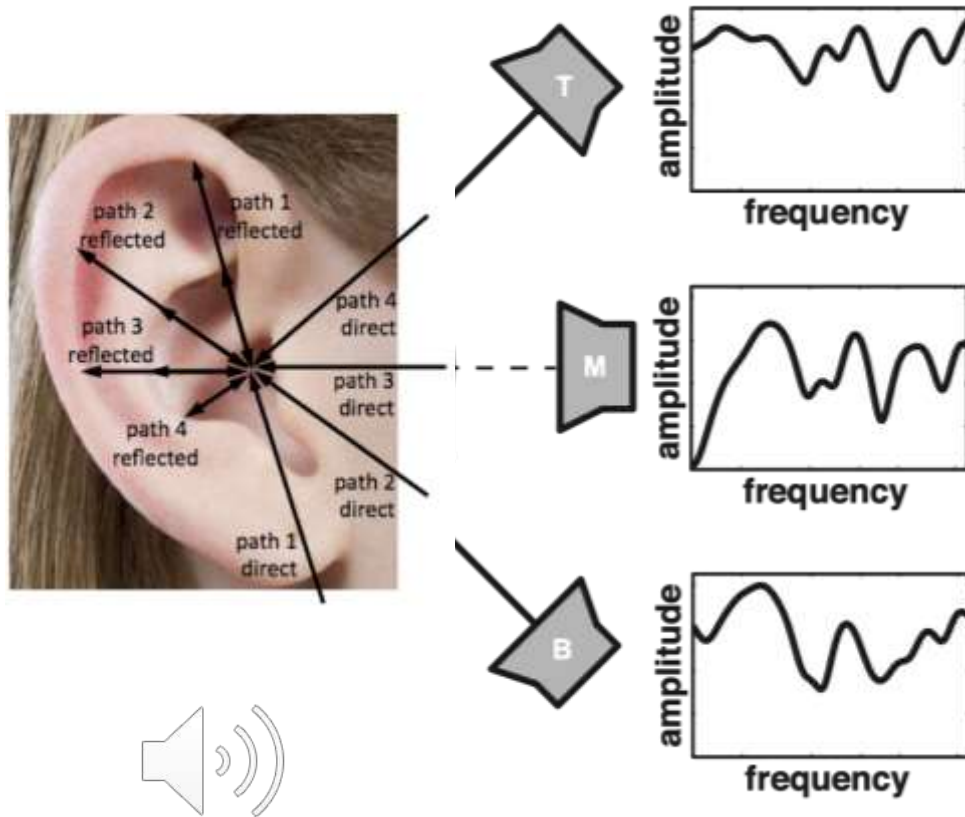
sound localisation: Interaural **Level** Difference



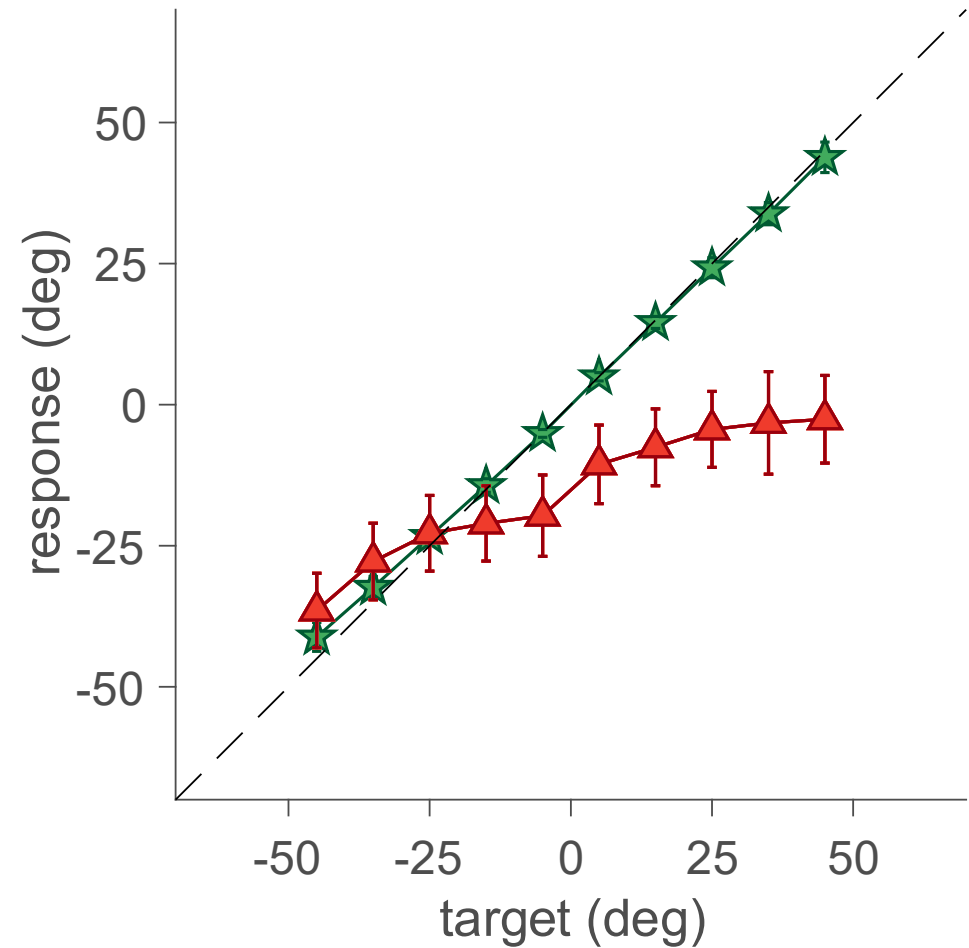
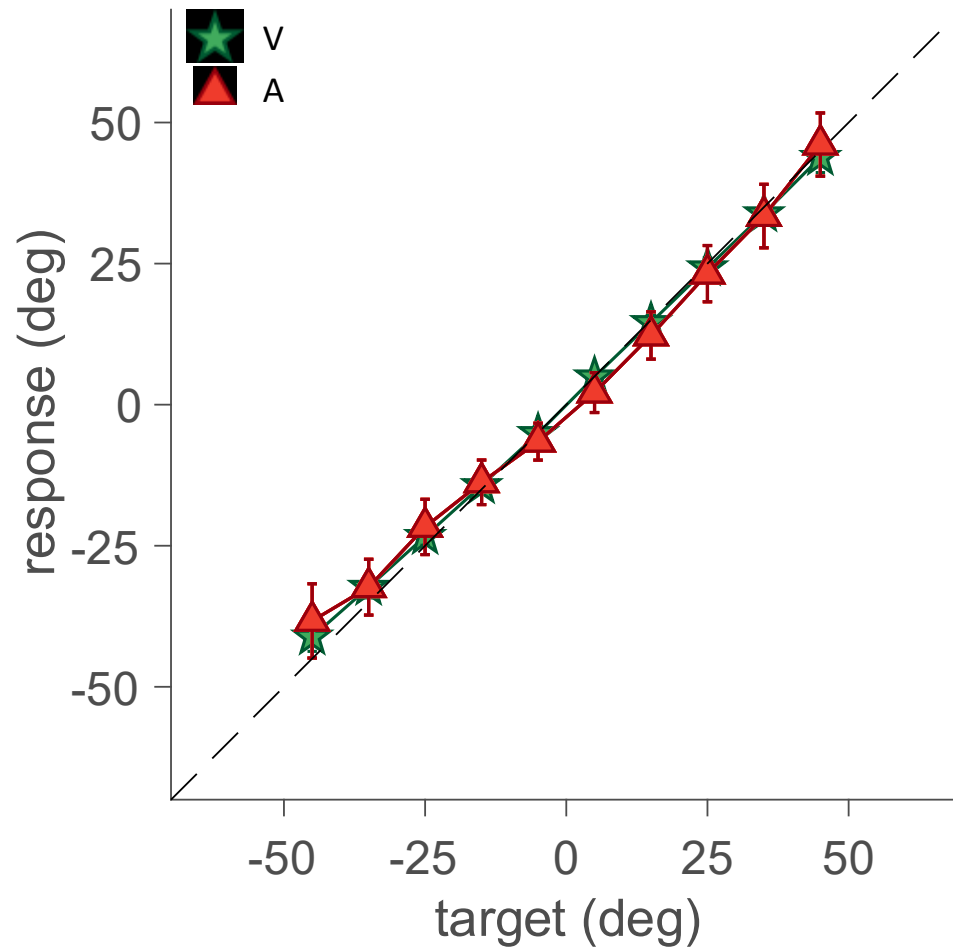
loudest to the closer ear

> 3 kHz

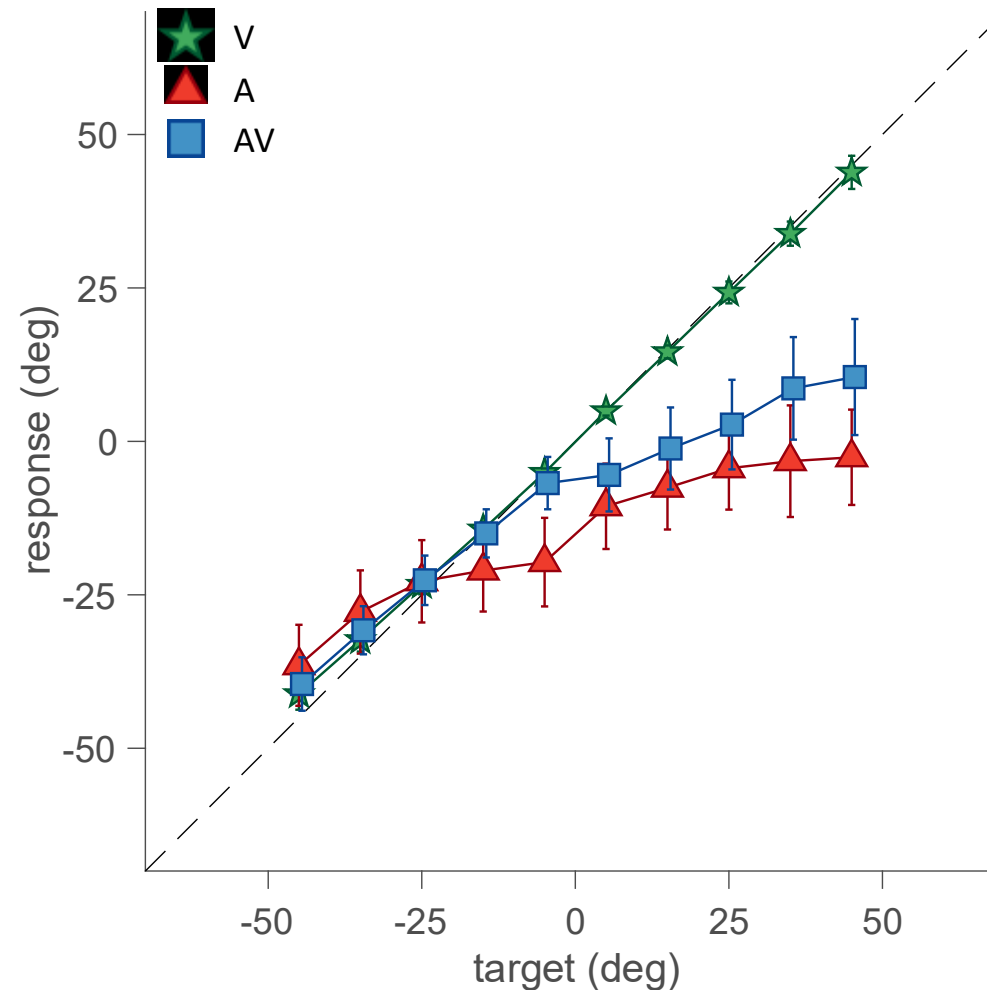
- spectral shape cues provides ill-posed vertical location information



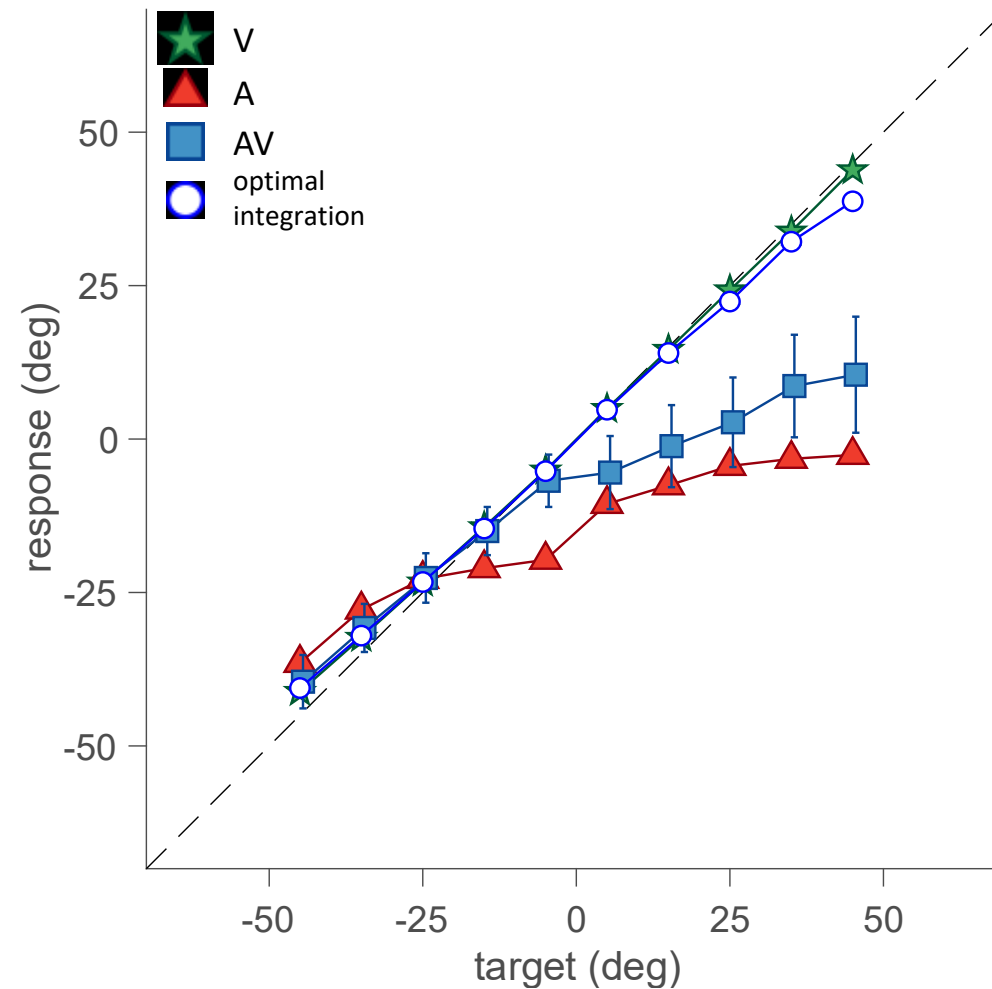
Gehoor verstoord



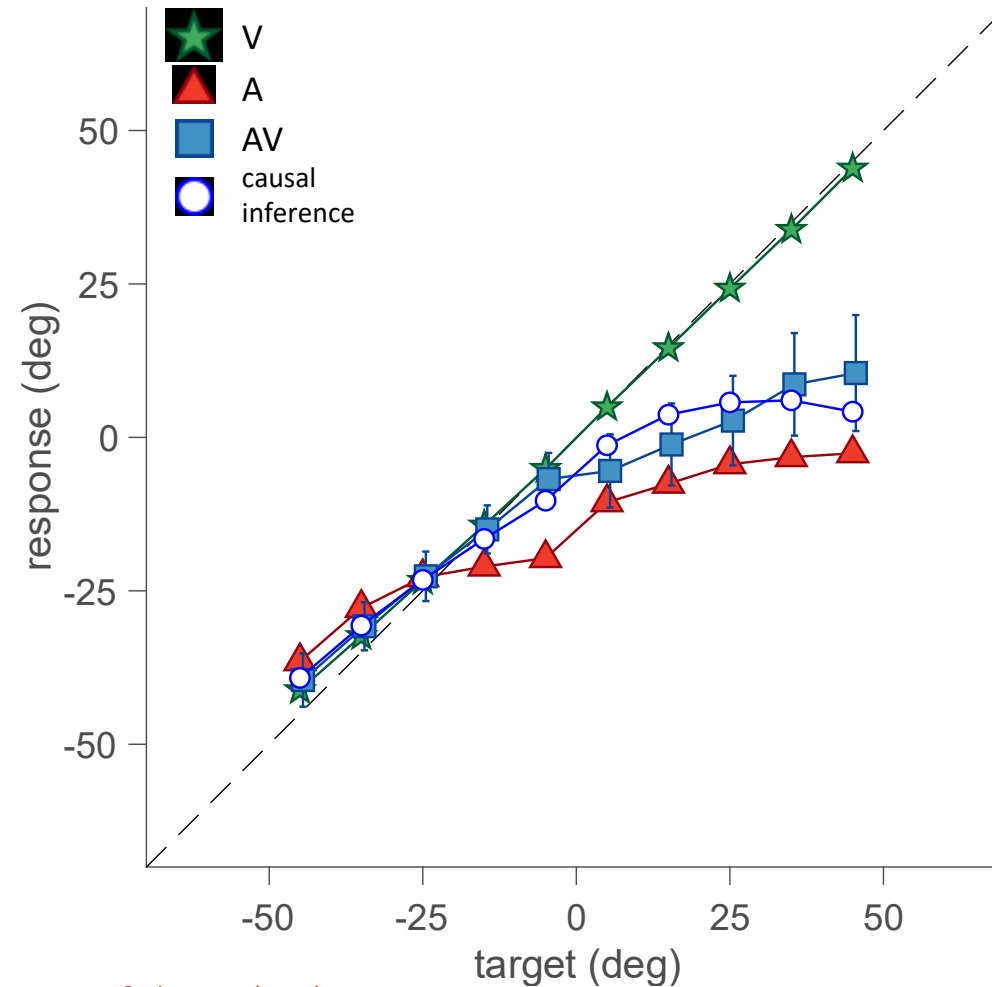
Audiovisueel richtinghooren



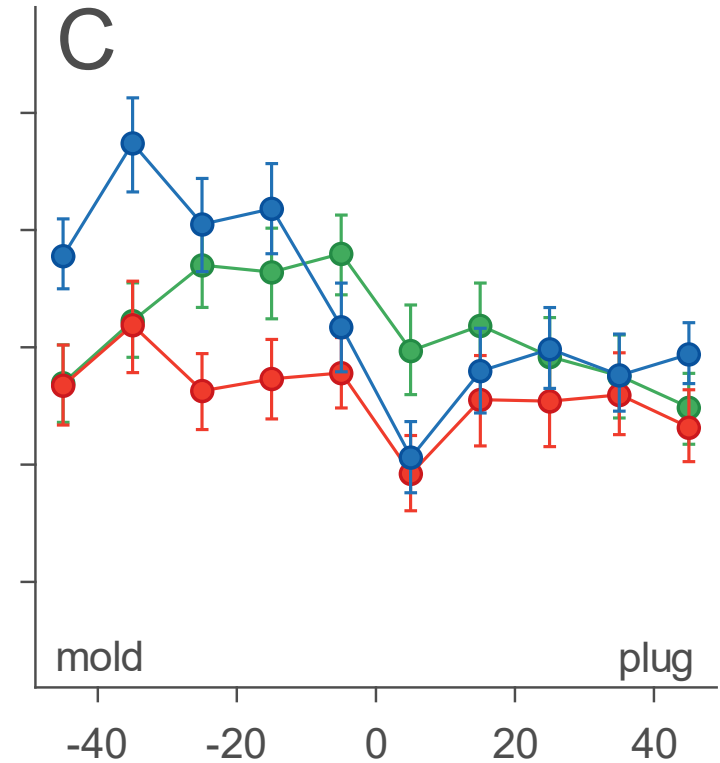
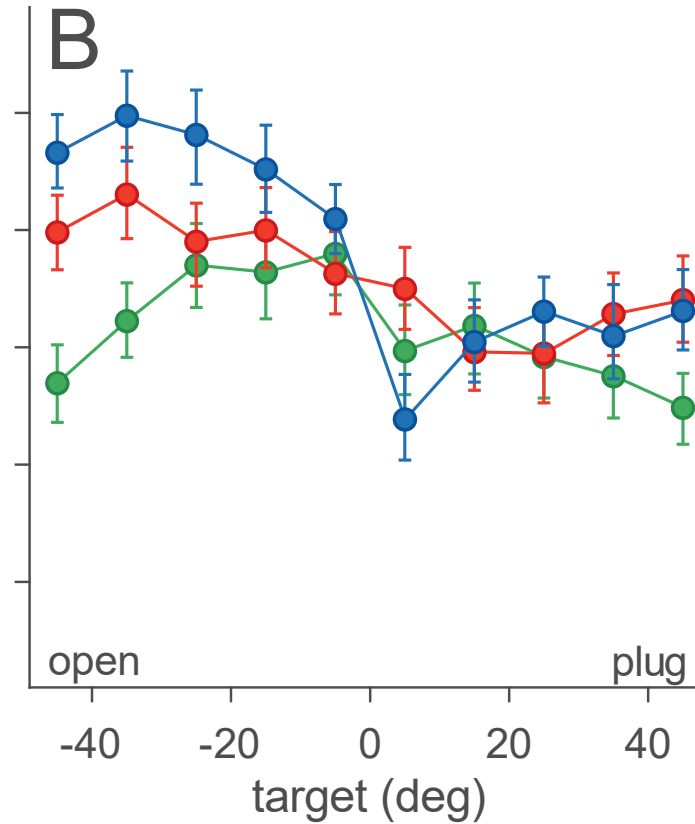
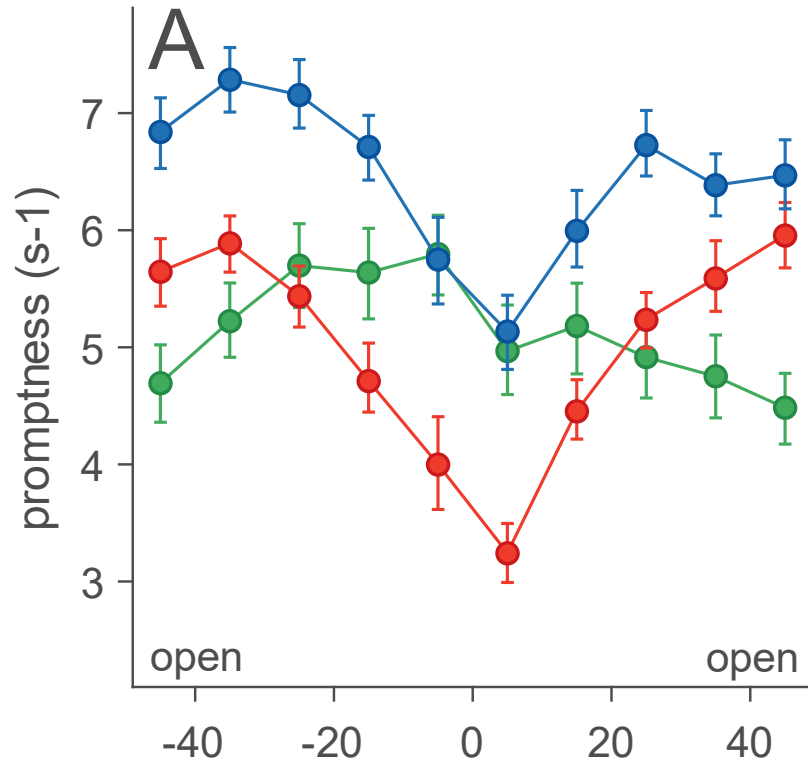
NIET optimale integratie

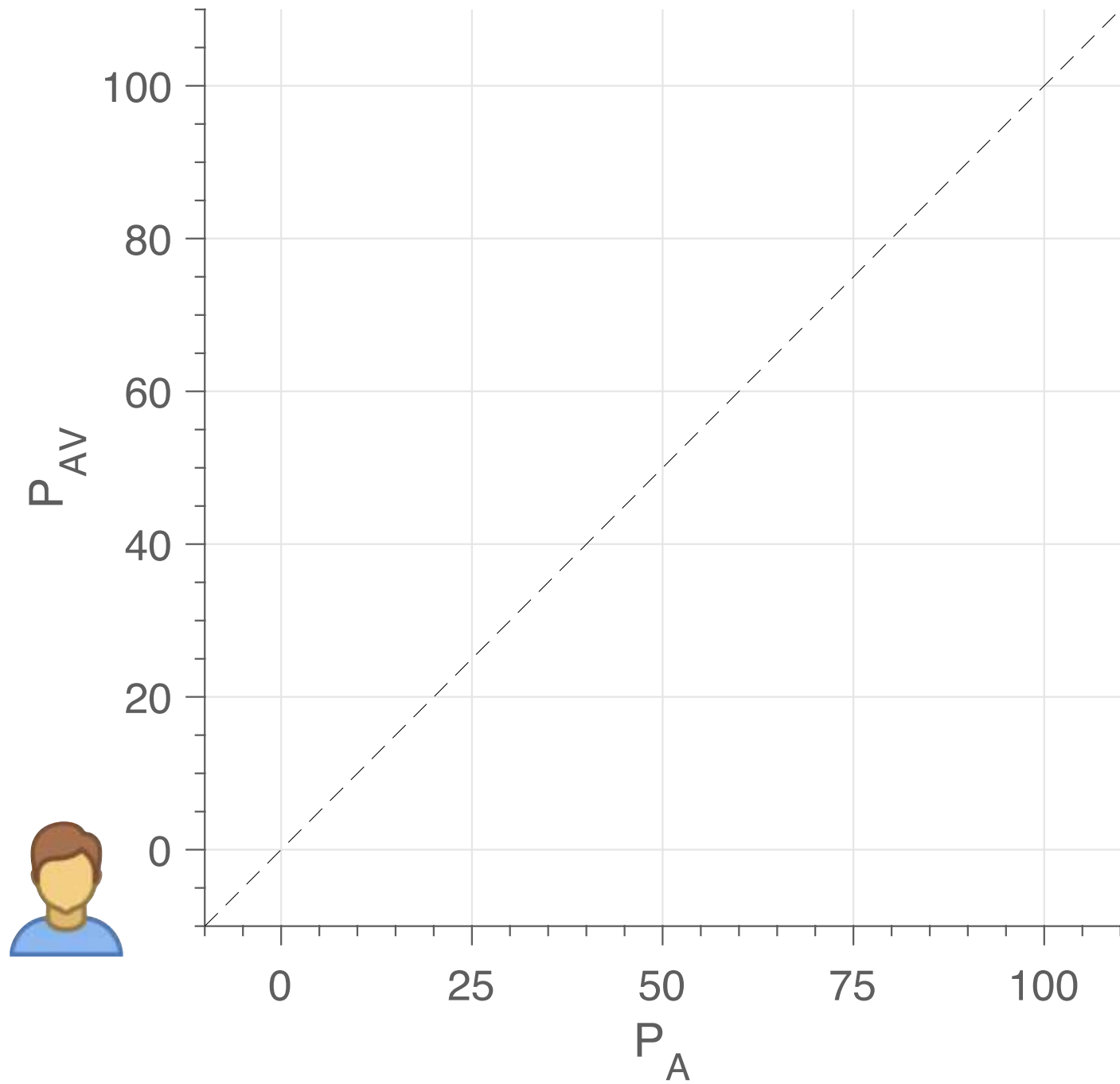


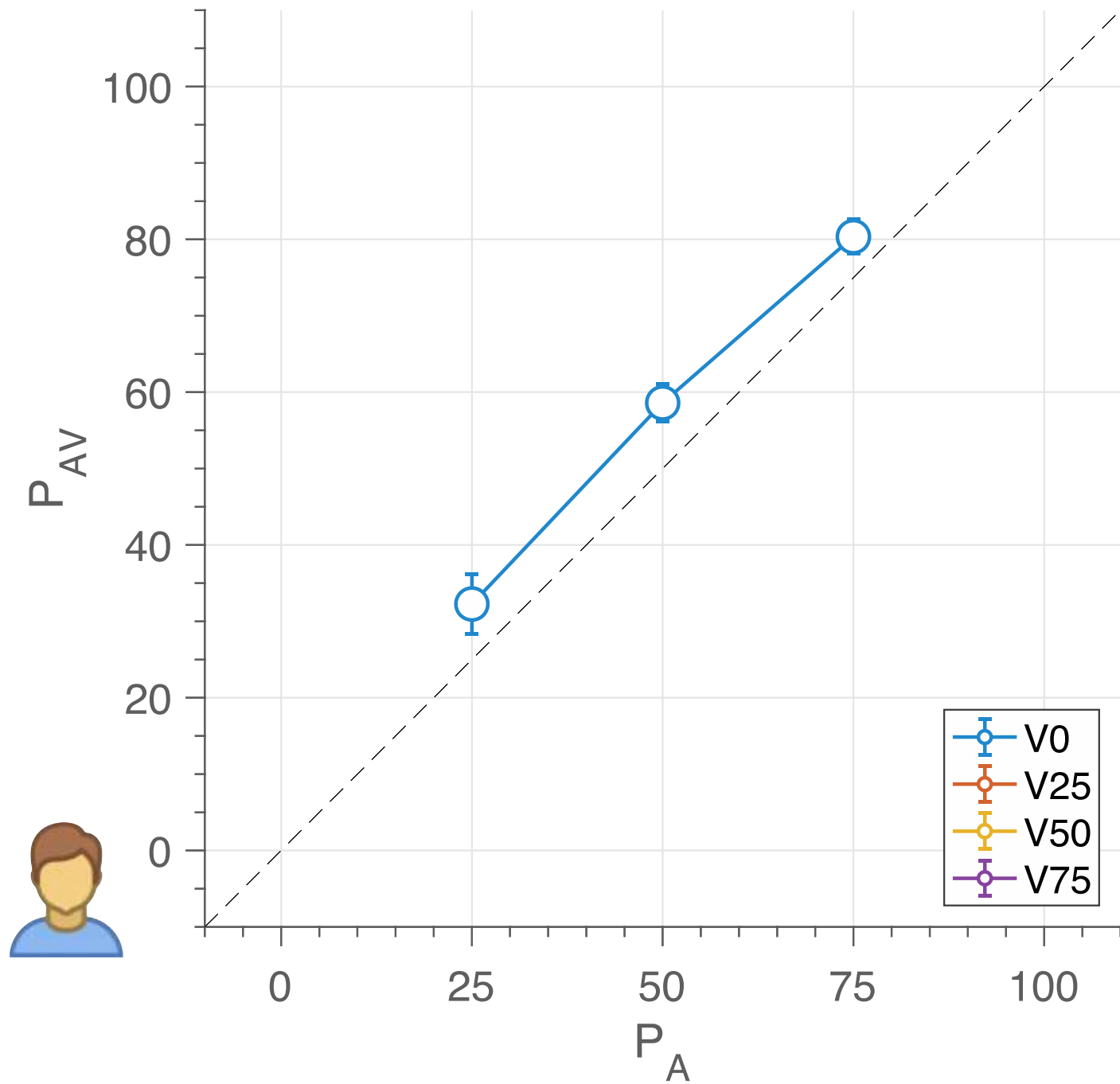
WEL bayesian causal inference

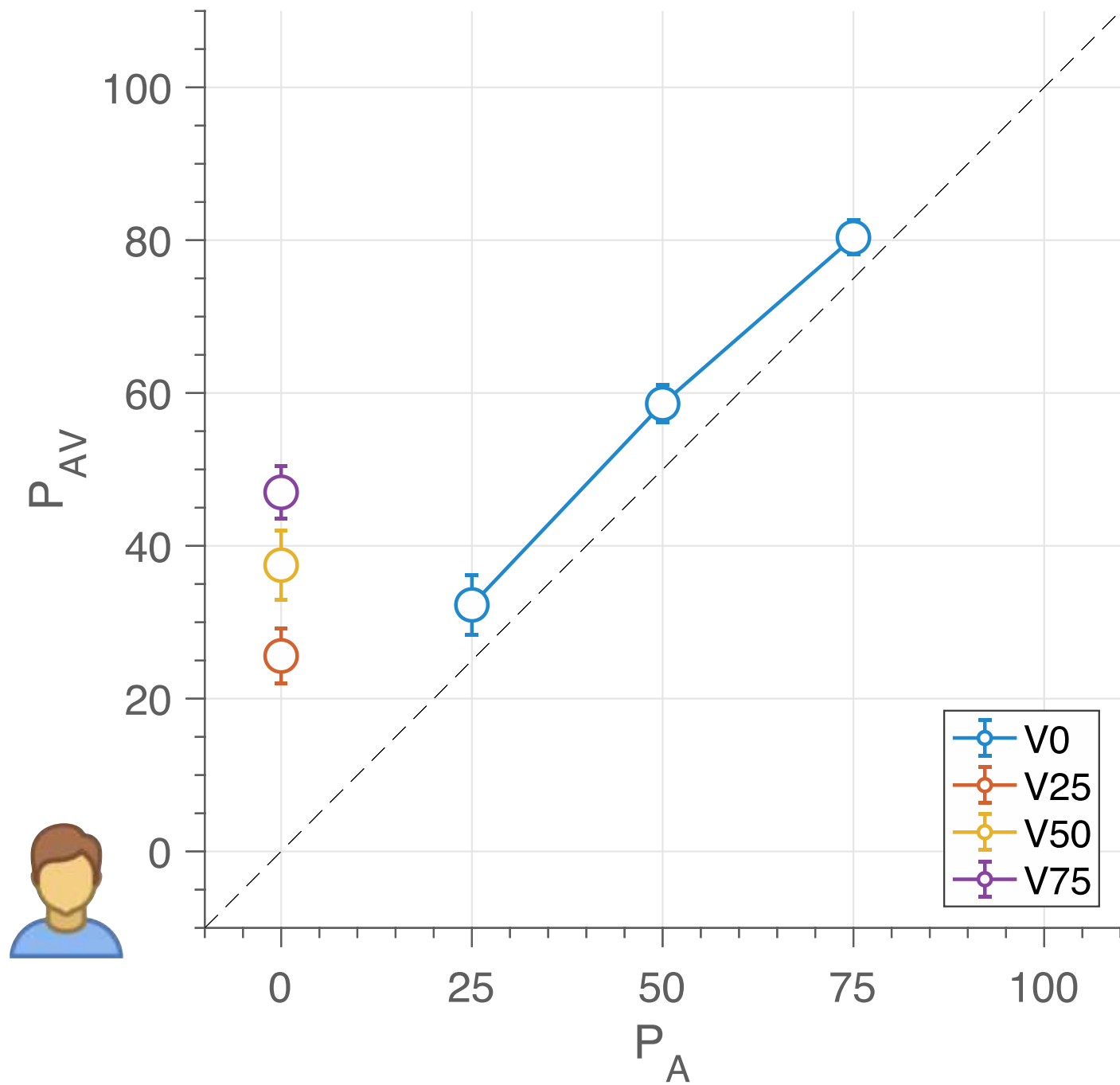


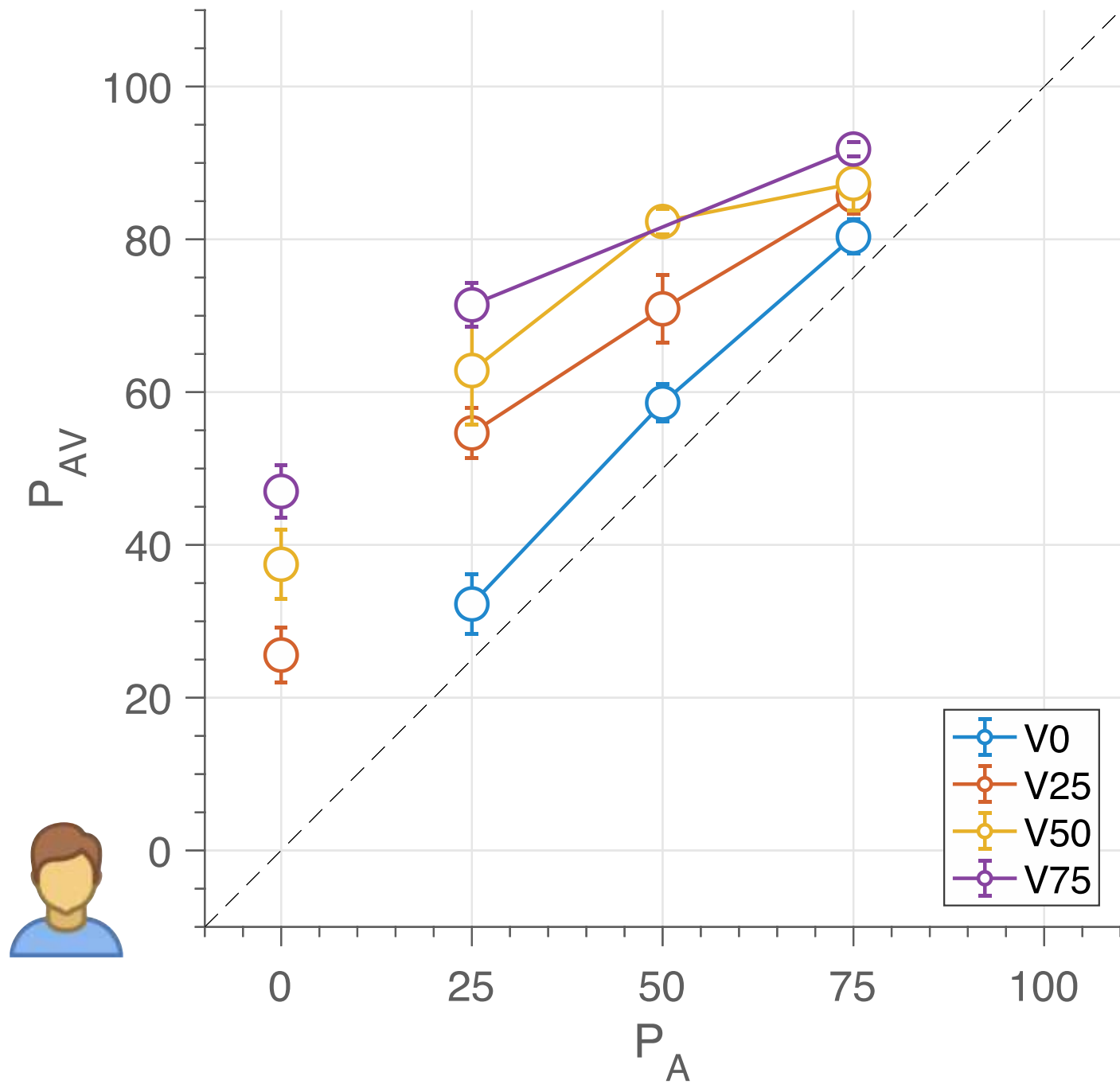
Reactie tijden

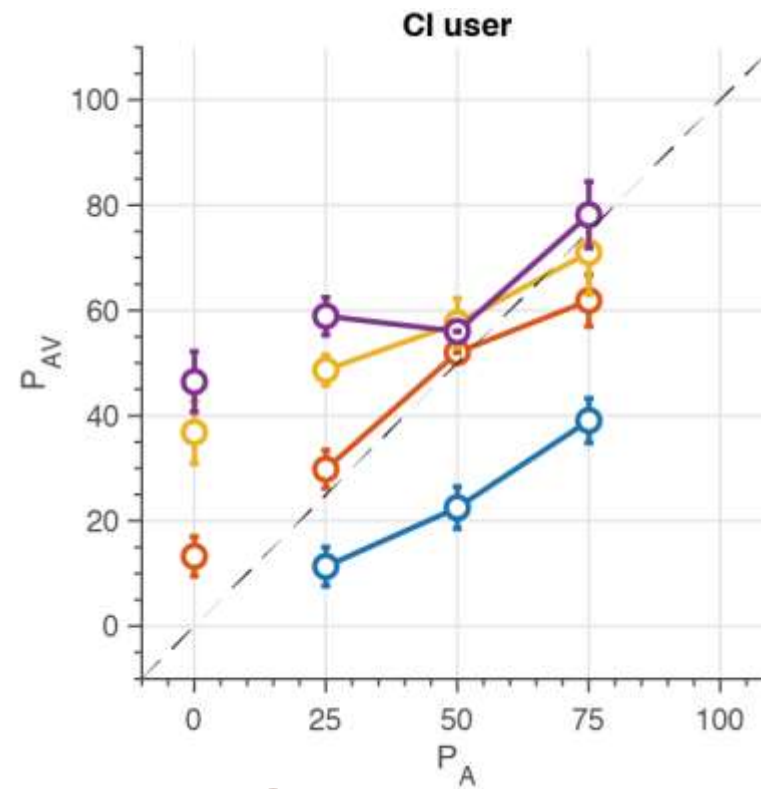
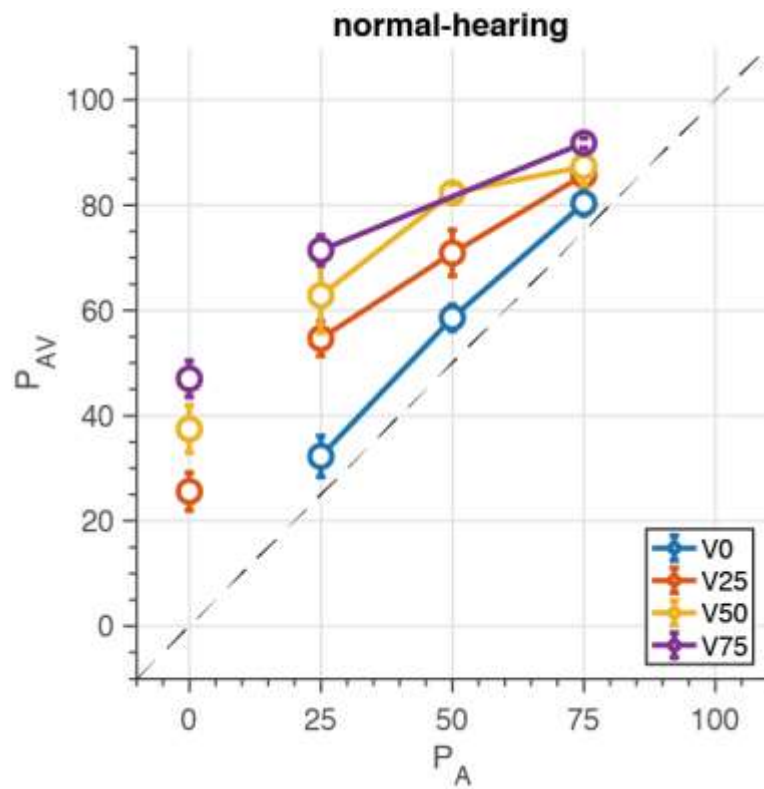




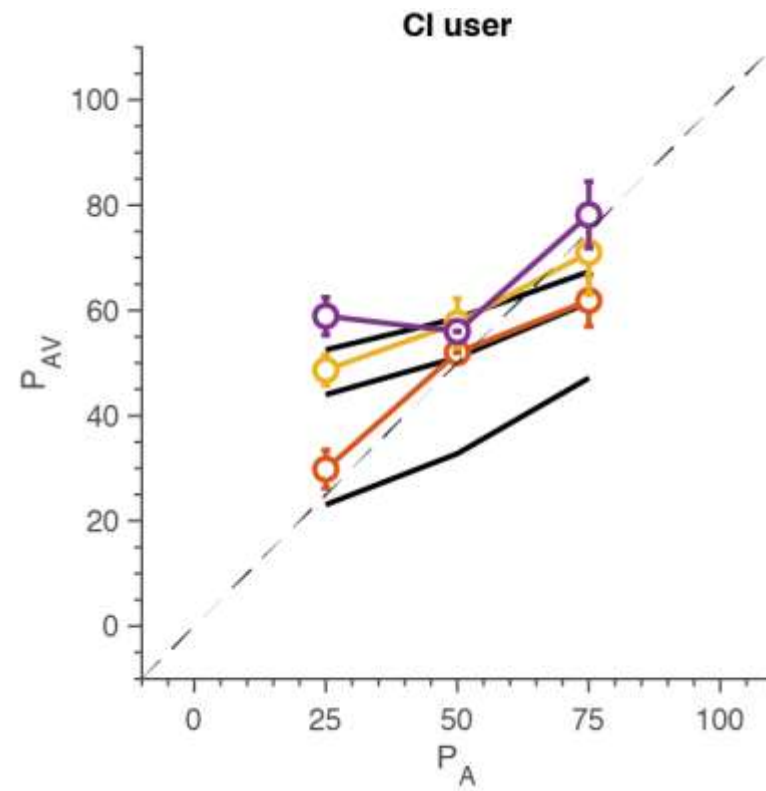
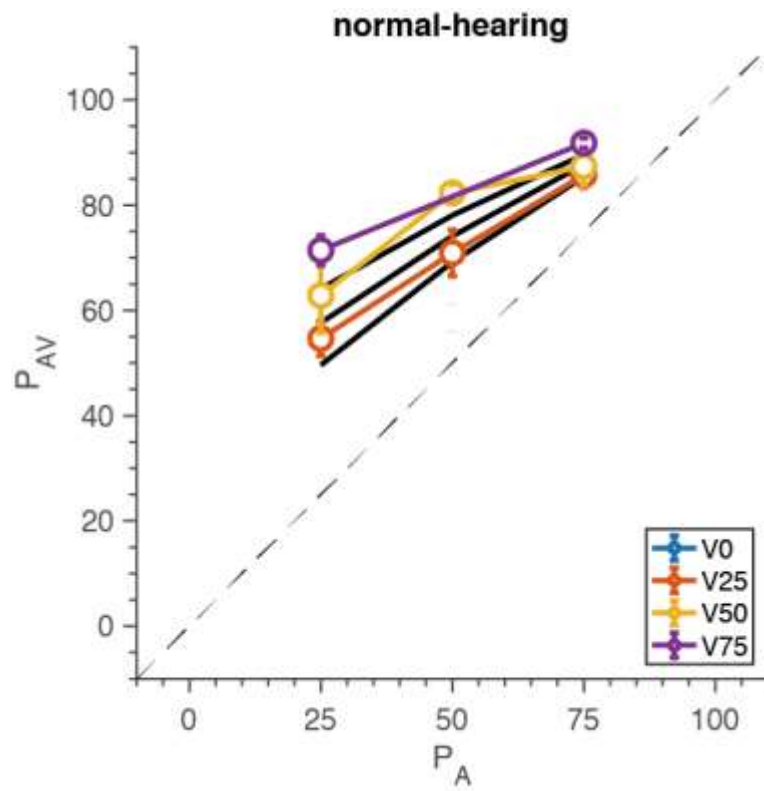








Unilateral CI user



$$P_{sum} = 1 - P_{fail} = P_A + P_V - P_A \times P_V$$

Belangrijkste inzichten

- Zintuigen werken samen om ons sneller, nauwkeuriger en stabiel te laten waarnemen.
- Het brein combineert signalen volgens hun betrouwbaarheid.
- Problemen met één zintuig kunnen invloed hebben op alle andere.
- Ons brein blijft leren – met training en ervaring kan samenwerking verbeteren.

Bedankt voor uw aandacht

Vragen? Discussie? Ervaringen delen?

- Stein, B. E. & Stanford, T. R. Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Reviews Neuroscience* 9, 255–266 (2008).