

# Pupilgrootte weerspiegelt luisterinspanning

ADRIANA ZEKVELD, THOMAS KOELEWIJN, BARBARA OHLENFORST,  
YANG WANG EN SOPHIA KRAMER

Op het VUmc wordt onderzoek gedaan naar methoden om de luisterinspanning te meten bij mensen met een gehoorverlies. In dit artikel wordt beschreven welke methoden beschikbaar zijn en wordt ingegaan op pupillometrie. Weten hoeveel inspanning een slechthorende moet leveren, is van belang bij hoortoestelaanpassing en andere hoorrevalidatie.

## Inleiding

Slechthorendheid is een van de meest voorkomende chronische aandoeningen. Het kan leiden tot problemen met het verstaan van spraak in alledaagse luistersituaties, vooral in de aanwezigheid van achtergrondruis. Problemen met spraakverstaan zorgen ervoor dat er tijdens het luisteren een groter beroep wordt gedaan op onder andere aandacht, werkgeheugen en taalverwerking. Deze en andere cognitieve functies zijn van belang om het gehoorverlies tijdens het luisteren te compenseren. De inzet van deze functies draagt bij aan het ontcijferen van de spraakinformatie. Helaas gaat dit vaak gepaard met een toename van de *luisterinspanning*. Mensen met gehoorverlies rapporteren vaak dat het erg vermoeiend kan zijn om langdurig te luisteren. De noodzaak om in allerlei luistersituaties telkens extra luisterinspanning te leveren kan op den duur tot vermoeidheid leiden (zie Figuur 1).

Soms zijn luistersituaties zo moeilijk en inspannend dat de luisteraar opgeeft. Er zijn daarnaast ook situaties waarin het investeren van veel inspanning juist wel “de moeite waard is”, bijvoorbeeld omdat het gesprek erg belangrijk voor de luisteraar is. Een recent ontwikkeld “Framework for Understanding Effortful Listening” (Pichora-Fuller e.a., 2016) beschrijft de factoren en processen die een rol spelen bij luisterinspanning.

## SOMS ZIJN LUISTERSITUATIES ZO MOEILIK EN INSPANNEND DAT DE SLECHTHORENDE LUISTERAAR OPGEEFT



Figuur 1. Cascade van mogelijke gevolgen van gehoorverlies. Deze gevolgen worden gerapporteerd door een deel van de personen met gehoorverlies.



Foto: Paul Jeffers

### **Meten van inspanning: verschillende methoden**

Momenteel ontbreekt het aan klinische methoden om luisterinspanning objectief te meten. Er is hier in de laatste jaren wel een groeiende belangstelling voor ontstaan bij onderzoekers, klinici en fabrikanten van hoorhulpmiddelen. Recent is er een overzicht gepubliceerd van wetenschappelijke studies die in de afgelopen jaren op het gebied van luisterinspanning zijn verschenen (Ohlenforst e.a., 2017). Hierin wordt beschreven dat de verschillende methoden die gebruikt worden om inspanning te meten in drie categorieën kunnen worden ingedeeld: subjectieve methoden, gedragsmethoden en fysiologische maten.

### **Subjectieve methoden om luisterinspanning te meten**

Bij subjectieve methodes worden er vragenlijsten gebruikt waarin de luisteraar aangeeft hoeveel inspanning het luisteren kost. De vragen hebben dan bijvoorbeeld betrekking op specifieke situaties in het dagelijks leven. Vaak wordt er ook gevraagd om een cijfer te geven over de inspanning die wordt ervaren tijdens een testafname. Meerdere studies geven aan dat mensen met gehoorverlies inderdaad meer luisterinspanning rapporteren dan mensen

zonder gehoorverlies. Een nadeel van een subjectieve methode is dat het lastig kan zijn om verschillen tussen personen in de ervaren inspanning te interpreteren. Daarom is onderzoek naar meer objectieve maten van luisterinspanning belangrijk.

### **Gedragsmethoden om luisterinspanning te meten**

Veel gedragsmethoden die ontwikkeld zijn om inspanning objectief te meten, maken gebruik van een "dual taak paradigma". Dit zijn tests waarbij men twee taken tegelijk moet uitvoeren. Eén van deze taken is dan de *primaire taak*: de taak die de deelnemer moet prioriteren. Vaak is dit de luistertaak. De *secundaire taak* wordt tegelijk uitgevoerd. Dit kan bijvoorbeeld een geheugentaak zijn. De achterliggende gedachte van deze methode is dat wanneer het uitvoeren van de luistertaak meer inspanning kost, dit ten koste gaat van het uitvoeren van de secundaire taak. De prestatie op die secundaire taak wordt dus slechter als er meer luisterinspanning is. Een voordeel van deze methode is dat een dergelijke taak vrij gemakkelijk te implementeren is. Er is bijvoorbeeld geen speciale apparatuur voor deze metingen nodig. Wel kan het voor de deelnemer lastig zijn om de juiste taak te prioriteren. Daardoor is het soms moeilijk om de resultaten te interpreteren.



Figuur 2. Het meten van de pupilgrootte van een deelnemer aan luisteronderzoek.

## Fysiologische maten van luisterinspanning

Daarnaast worden er fysiologische maten voor inspanning gebruikt die aangeven in hoeverre een luistertaak leidt tot meer activiteit van het centrale of autonome zenuwstelsel. Zo kan er met elektroden op de hoofdhuid een electroencefalogram (EEG) worden gemaakt. Dit geeft de hersenactivatie in reactie op auditieve signalen weer. Een andere objectieve methode is functional magnetic resonance imaging (fMRI). De activatie van hersengebieden, bijvoorbeeld tijdens het luisteren, zorgt voor een tijdelijke verandering van het zuurstofgehalte in het bloed. Dit wordt gemeten met fMRI.

## DE PUPIL WORDT GROTER BIJ EEN TOENAME VAN DE MENTALE INSPANNING

### Pupillometriemethode

Het meten van veranderingen in de pupildiameter (pupillometrie) is een andere fysiologische methode om mentale inspanning te beoordelen (zie Figuur 2). De pupil wordt groter bij een toename van de mentale inspanning. De pupilgrootte hangt af van de gecombineerde activiteit van het parasympatisch en sympatisch zenuwstelsel. Beide zenuwstelsels maken deel uit van het autonome zenuwstelsel dat zorgt voor regulatie van onbewuste lichaamsfuncties. Over het algemeen zorgt het sympatisch zenuwstelsel voor het vrijmaken van energie wanneer er actie van het lichaam wordt gevraagd. Het parasympatische zenuwstelsel zorgt voor het opslaan van energie en het herstel na inspanning. Op dit moment doet het VUmc onderzoek naar de invloed van beide onderdelen van het autonome zenuwstelsel op de pupilgrootte (Wang e. a., 2016). Dit

zal leiden tot een beter inzicht in de effecten van gehoorverlies op inspanning en vermoeidheid.

De pupil wordt dus over het algemeen groter bij een toename in de mentale inspanning. Kramer e.a. (1997) toonden aan dat pupillometrie kan worden gebruikt om te onderzoeken hoeveel inspanning een bepaalde luistertaak kost. De pupilreactie lijkt de totale inzet van cognitieve capaciteit weer te geven, of de totale hersenactiviteit die nodig is voor de verwerking van de informatie.

### Eerste resultaten met pupillometrie

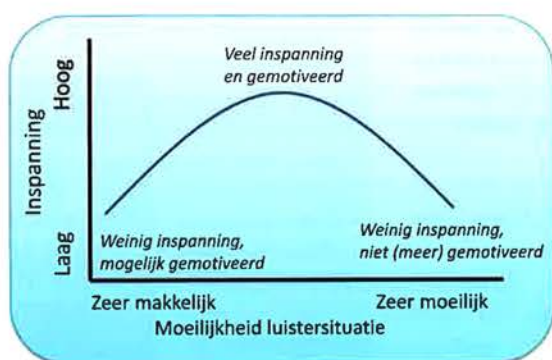
Er zijn sinds het onderzoek van Kramer e.a. (1997) meerdere studies uitgevoerd naar de pupilreactie tijdens het luisteren. Hierin wordt vaak de maximale pupilgrootte in een bepaald tijdsinterval (bijvoorbeeld tijdens en vlak na het luisteren naar een zin) bepaald. Dit maximum wordt ongeveer 1,5-2,0 seconden na de start van de zin bereikt. Deze maximale pupilgrootte wordt vervolgens vergeleken met de pupilgrootte voordat de zin begon. Deze maat geeft inzicht in de mentale inspanning die nodig was om die zin te verstaan. In het onderzoek wordt de verstaanbaarheid van spraak gevarieerd door bijvoorbeeld de luidheid van het achtergrondruis te veranderen. Er wordt dan gemeten of de pupilgrootte, en dus de luisterinspanning, hierdoor wordt beïnvloed. Dit onderzoek laat zien dat de pupilreactie inderdaad gevoelig is voor verstaanbaarheid van de spraak. Daarnaast is ook gebleken dat de pupilreactie gevoelig is voor veranderingen in de luisterinspanning, zelfs wanneer de verstaanbaarheid niet verschilt tussen verschillende condities. De pupilrespons is namelijk groter wanneer het achtergrondruis bestaat uit storende sprekers dan wanneer het achtergrondruis bestaat uit storende ruis, zelfs als de verstaanbaarheid van de zin waar het om gaat, gelijk blijft (Koelewijn e.a., 2012).

### Luisterinspanning: van opgeven tot moeiteloos luisteren

De moeilijkheid van een luistertaak kan tijdens onderzoek over een breed bereik worden gevarieerd. Zo kan spraak onmogelijk of zeer slecht verstaanbaar worden gemaakt door bijvoorbeeld de spraak heel zacht ten opzichte van hard achtergrondruis te presenteren. Spraak is daarentegen goed verstaanbaar wanneer het op een aangenaam en goed hoorbaar niveau in stilte wordt aangeboden. Alle varianten tussen deze extreme condities zijn mogelijk. De pupilreactie die over een dergelijk breed bereik van verstaanbaarheid wordt gemeten, volgt een omgekeerd-U-vormig patroon (zie Figuur 3, gebaseerd op onderzoek van Zekveld & Kramer, 2014). De pupilreactie (of luisterinspanning) is laag wanneer de spraak goed verstaanbaar is (aan de linkerkant van Figuur 3) en neemt toe met toenemend

# PUPILGROOTTE WEERSPIEGELT LUISTERINSPANNING

achtergrondruoer. Dit is het geval zolang de luisteraar het de moeite waard vindt en daarom nog voldoende motivatie heeft om meer moeite in het luisteren te investeren. De motivatie van het individu neemt af wanneer het luisteren in een bepaalde situatie niet meer mogelijk is, als er sprake is van vermoeidheid, of door een combinatie van dergelijke factoren. Op dat moment neemt de pupilreactie weer af (rechtterkant van Figuur 3). Het omgekeerd-U-vormig patroon van de curve in Figuur 3 is gebaseerd op de gemiddelde inspanning van een groep proefpersonen. Mogelijk is de vorm van deze curve anders voor individuele luisteraars. De curve zou bijvoorbeeld ook asymmetrisch kunnen zijn.



Figuur 3. Relatie tussen de moeilijkheid van de luistersituatie en de inspanning die wordt geleverd. Deze inspanning hangt deels af van de motivatie van de luisteraar – is het luisteren in deze situatie “de moeite waard?”.

## Interpretatie van verschillen in luisterinspanning

Wanneer men twee luistersituaties met elkaar wil vergelijken (bijvoorbeeld luisteren mét of zonder hoortoestel), dan dient men rekening te houden met de uitgangspositie op de inspanningscurve (Figuur 3). Het effect van een bepaalde interventie of manipulatie hangt waarschijnlijk af van waar iemand zich op de curve bevindt. Wanneer de uitgangspositie op het hoogtepunt van de curve ligt, dan zal het verlagen van de moeilijkheid van de luistersituatie (bijvoorbeeld met een hoortoestel), de inspanning waarschijnlijk verminderen. De inspanning kan echter ook toenemen als de uitgangspositie helemaal rechts op de curve ligt, daar waar men zonder hoortoestel opgeeft, maar het luisteren met een hoortoestel weer mogelijk wordt en het de luisteraar weer motiveert om meer moeite te investeren. Deze extra inspanning levert dan mogelijk ook een hogere luisterprestatie op. Aan de andere kant kan het zo zijn dat een hoortoestel geen effect meer heeft op de inspanning als deze al minimaal is door een optimale luistersituatie. Om de effecten van verschillende luistersituaties op de inspanning dus correct te kunnen interpreteren, is het

noodzakelijk om met deze onderliggende mechanismen rekening te houden.

## Toepassingen en toekomstig onderzoek

De resultaten van studies naar luisterinspanning en de manieren om deze betrouwbaar te meten zijn zowel theoretisch als praktisch goed toepasbaar. Wanneer luisterinspanning betrouwbaar kan worden gemeten, kunnen fundamentele onderzoeksvragen worden getest. Deze vragen komen bijvoorbeeld voort uit modellen die zijn ontwikkeld om het verstaan van spraak beter te begrijpen. Het vervolgonderzoek dat momenteel door het VUmc wordt uitgevoerd maakt al een stap in de richting van een meer praktische toepassing van het meten van luisterinspanning. Zo wordt er onderzoek gedaan naar de relatie tussen luisterinspanning in een onderzoekssituatie en de vermoeidheid die wordt ervaren in het dagelijks leven (zie Figuur 1). Een andere belangrijke toepassing van het onderzoek ligt binnen de ontwikkeling en evaluatie van interventies zoals hoortoestellen. Pupillometrie en andere methoden om inspanning te meten worden nu al gebruikt om effecten van hoortoestellen op de luisterinspanning aan te tonen. Dergelijke effecten zijn vooral interessant wanneer traditionele uitkomstmaten, zoals de verstaanbaarheid van spraak, weinig verschil laten zien tussen condities. De verwachting is dat er in de nabije toekomst veel nadruk komt te liggen op onderzoek naar luisterinspanning (Pichora-Fuller e.a., 2016). Zo wordt de pupillometriemethode nu wereldwijd geïmplementeerd en wordt er op 7 en 8 september 2017 een internationale workshop over dit onderwerp door het VUmc georganiseerd. Op de langere termijn zullen methoden om luisterinspanning te meten wellicht ook in de klinische praktijk van Audiologische Centra worden toegepast. Op dit moment geven veel slechthorende patiënten aan dat ze de huidige aandacht voor dit onderwerp waarderen, mede vanwege de luisterinspanning die ze zelf ervaren als gevolg van hun gehoorverlies.

### Informatie over de auteurs

**Dr. Adriana Zekveld** en **dr. Thomas Koelewijn** zijn wetenschappelijk onderzoekers werkzaam bij de Sectie Ear & Hearing van de afdeling Keel-, Neus- en Oorheelkunde van het VU medisch centrum.

**Barbara Ohlenforst MSc** en **Yang Wang MSc** zijn promovendi bij de Sectie Ear & Hearing van de afdeling Keel-, Neus- en Oorheelkunde van het VU medisch centrum. Hun onderzoeksproject is een “EU Marie Curie European Industrial Doctorate” project dat wordt uitgevoerd in nauwe samenwerking met het Eriksholm onderzoekscentrum van Oticon in Denemarken. Dit project heet “LISTening Effort in the European Population: a New innovative program of research and training” of LISTEN607373.

**Prof. dr. Sophia Kramer** is hoogleraar Auditief Functioneren en Participatie bij de Sectie Ear & Hearing van de afdeling Keel-, Neus- en Oorheelkunde van het VU medisch centrum.

Een lijst met literatuurreferenties vindt u op de website [www.simea.nl/vhz](http://www.simea.nl/vhz).