

## SAMENVATTING EN KONKLUSIES

De onderhavige studie moet gezien worden tegen de achtergrond van de algemeen aanvaarde gedachte dat, bij een auditieve stimulus met een konstant karakter, het geluidspektrum wordt "afgebeeld" in de vorm van een specifiek stimulatiepatroon langs het basilair membraan in de cochlea, en ook als een specifiek distributiepatroon van zenuwactiviteit in de gehoorbaan. Inzicht in de eigenschappen van deze afbeelding is van belang daar deze eigenschappen een fundamentele rol spelen bij verschillende aspecten van de geluidwaarneming, zoals bij de perceptie van luidheid, klankkleur en misschien ook toonhoogte.

Uit velerlei elektrofysiologische dierexperimenten kan worden afgeleid dat bij de auditieve afbeelding van een geluidspektrum, enigszins in analogie met de visuele afbeelding van een licht-donkerverdeling, enerzijds een zekere mate van *onscherpte* optreedt (waarbij fijne details van de oorspronkelijke vorm van een geluidspektrum verloren gaan) terwijl anderzijds in bepaalde gevallen juist een *opscherping* kan optreden (waarbij de oorspronkelijk aanwezige spektrale contrasten kunnen worden versterkt). Dit laatste verschijnsel wordt veelal beschreven als een effect van *laterale suppressie* of zijdelingse onderdrukking: doordat "zwakke" gedeelten in een patroon worden onderdrukt door naastliggende "sterkere" gedeelten kan de uiteindelijke afbeelding een overdreven beeld van de oorspronkelijke vorm van het geluidspektrum geven. Het centrale thema van de huidige studie is in welke mate opscherping zich manifesteert in de auditieve afbeelding van een geluidspektrum.

De experimentele benadering sluit aan bij de, in de psychoakoestiek algemeen aanvaarde gedachte dat met behulp van *maskeermetingen*, met als testsignaal een zuivere toon van variabele frekwentie, de auditieve afbeelding van het frekwentiespektrum van de maskeerder kan worden afgetast. De drempel-

verhoging van de testtoon als functie van diens frekwentie (het *maskeerpatroon*) wordt veelal geacht een afspiegeling te zijn van de auditieve afbeelding van de maskeerder.

In deze studie worden drie verschillende typen maskeermetingen naast elkaar toegepast. *Direkte maskering* is een klassieke methode waarbij de testtoon op de te onderzoeken maskeerder wordt gesuperponeerd en waarbij als meetkriterium geldt het al dan niet waarnemen van de testtoon. *Voorwaartse maskering* is een eveneens niet ongebruikelijke methode waarbij een (korte) testtoon vlak na de maskeerder wordt gepresenteerd en waarbij eveneens het al dan niet kunnen waarnemen van de testtoon als meetkriterium wordt gehanteerd. De *pulsatiedrempel* methode is een nieuwe methode waarbij de maskeerder en de testtoon in voortdurende snelle afwisseling, zonder stille intervallen, worden gepresenteerd (met een afwisselingsritme van 4 Hz) met als meetkriterium of hierbij de testtoon als een *pulserende* toon, overeenkomstig het afwisselingsritme, dan wel als een doorlopende, continue toon wordt waargenomen.

In hoofdstuk 3 worden deze meetmethoden toegepast voor het "aftasten" van een maskeerder die bestaat uit scherp gefilterde ruis, zodat het frekwentiespektrum een scherpe knik vertoont. De invloed van laterale suppressie zou hierbij tot uitdrukking kunnen komen, in analogie met de bekende Machbanden bij de visuele waarneming, als een opscherping ter plaatse van de knik in het frekwentiespektrum. De resultaten zijn typerend voor die van de verdere metingen: het klassieke maskeerpatroon, verkregen met directe maskering, vertoont geen opscherping terwijl de twee andere methoden wel duidelijke effecten van opscherping te zien geven.

De verdere experimenten (t/m hoofdstuk 9) hebben een tweeledig doel: (1) het vergelijken van de resultaten van de drie typen maskeermetingen met uit de literatuur beschikbare gegevens betreffende de neurale responsies voor verschillende stimuli en (2) het aftasten van maskeerders met frekwentiespektra die interessant lijken met het oog op effecten van laterale suppressie. (De belangrijkste resultaten zijn samengevat in de tabel op blz. 75.) Hieruit komt het volgende beeld naar voren. De resultaten van metingen volgens de methode waarbij de maskeerder en de testtoon *niet* gelijktijdig worden aangeboden (voorwaartse maskering en pulsatiedrempel) geven zeer systematisch effecten van laterale suppressie te zien: de maskerende werking in een bepaald frekwentiegebied kan *afnemen* door het *verhogen* van de intensiteit van de maskeerder in een naastliggend (hoger) frekwentiegebied. Deze resultaten, vooral die volgens de pulsatiedrempelmethode, sluiten goed aan bij beschikbare elektrofysiologische gegevens. Dit wijst er op dat deze metingen



een juist beeld geven van de auditieve afbeelding van het geluidspektrum van de maskeerder. De resultaten van de klassieke methode van directe maskering geven daarentegen in alle gevallen *geen* effecten van laterale suppressie te zien.

In de discussie in hoofdstuk 10 wordt uiteengezet dat deze resultaten begrepen kunnen worden in het kader van laterale suppressie met de volgende eigenschappen: (1) de suppressie werkt voornamelijk in de richting van hogere naar lagere frekwenties, (2) suppressie van een bepaald frekwentiegebied tast de signaal-ruisverhouding voor een testtoon, die in dat frekwentiegebied op de maskeerder wordt gesuperponeerd, niet aan en (3) de suppressie werkt nagenoeg *momentaan*. Op grond van de tweede eigenschap kan worden begrepen dat effecten van laterale suppressie zich niet manifesteren bij metingen volgens de klassieke methode van directe maskering.

Indien het juist is dat metingen volgens de pulsatierepelmethode de invloed van laterale suppressie *korrekt* weergeven en de metingen volgens directe maskering deze invloed *niet* weergeven, dan kan de mate van opscherping door laterale suppressie worden afgeleid uit het verschil tussen deze twee metingen. Wanneer de metingen in hoofdstuk 9 met de "geribbelde ruis" (ruis waarvan de intensiteit als functie van de frekwentie een sinusvormig verloop heeft) op deze wijze worden geïnterpreteerd, blijkt dat het frekwentie-oplossend vermogen bij de auditieve afbeelding van een frekwentiespektrum belangrijk toeneemt door de invloed van laterale suppressie. Als dit wordt uitgedrukt in termen van bandbreedte, dan is de bandbreedte die kan worden afgeleid uit de pulsatierepelmeteringen een faktor twee *smaller* dan de klassieke "kritieke bandbreedte" zoals die volgt uit de metingen volgens de methode van directe maskering. Hierbij blijkt bovendien dat de frekwentieselektiviteit, inclusief de bijdrage van laterale suppressie, in grote trekken beschreven kan worden als het effect van een (smal) *lineair* filter. De niet-lineariteiten, die zich alleen bij een nauwkeurige analyse manifesteren, kunnen worden beschouwd als tweede-orde effecten.

Samenvattend leidt de huidige studie tot het inzicht dat opscherping door laterale suppressie wezenlijk bijdraagt tot het behoud van de spektrale contrasten in de auditieve afbeelding van een geluidspektrum en, bovendien, dat de metingen volgens de pulsatierepelmethode, in tegenstelling tot de klassieke methode volgens directe maskering, hiervan een juist beeld geven.

In het laatste hoofdstuk wordt dit nieuw verworven inzicht toegepast voor het onderzoeken van de auditieve afbeelding van stimuli die een belangrijke

rol spelen in de psychoakoestiek: zuivere tonen, complexe tonen en klinkerachtige signalen. Het blijkt dat enkele traditionele gegevens uit de psychoakoestiek, zoals bijvoorbeeld het aantal (lage) harmonischen van een complexe toon dat afzonderlijk kan worden waargenomen, goed aansluiten bij de specifieke eigenschappen van de auditieve afbeelding van de geluidspektra van dergelijke stimuli. Hierbij speelt steeds de fundamentele vraag op de achtergrond in hoeverre de auditieve afbeelding van het frekwentiespektrum van een stimulus een rol speelt bij de perceptie, zoals bij toonhoogtewaarneming of bij de diskriminatie van klinkers. Het "aftasten" van de auditieve afbeelding volgens de pulsatierepelmethode kan een bijdrage leveren tot de discussie betreffende de verschillende theorieën op dit gebied.