

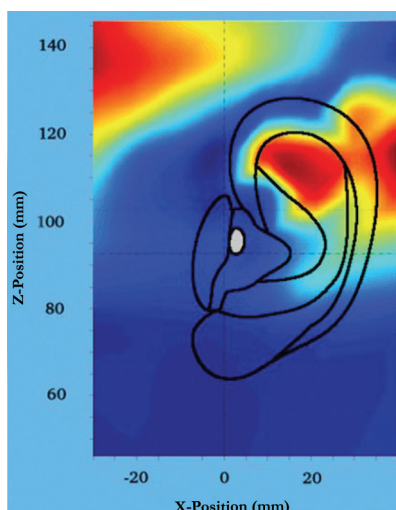
WINDGUARD™: HÖRKOMFORT IN WINDIGEN SITUATIONEN

Tammara Stender und Marcel Hielscher

Kurzfassung

Windgeräusche können für den Hörsystemträger eine frustrierende Hörerfahrung darstellen. Selbst bei geringen Windgeschwindigkeiten können hohe Pegel von turbulentem Geräusch an den Hörsystemmikrofonen entstehen, hohe Geräuschpegel hinzufügen und so das Signal von Interesse stören. ReSound's neues Feature WindGuard arbeitet mit der Dual-Mikrofon-Verarbeitung, um die Pegel des Windgeräusches in den heutigen Hörsystemen effektiv zu reduzieren. In diesem White Paper wird WindGuard beschrieben sowie Anwendungsfälle, in denen es den Hörsystemträgern die größten Vorteile bieten kann. Zusätzlich finden sich Informationen darüber, wie dieses neue Feature in der Aventa Software richtig eingestellt wird.

Wenn Wind auf eine Oberfläche wie z.B. den Kopf, die Ohrmuschel oder ein Hörsystem trifft, entsteht eine Turbulenz (Dillon et al., 1999). Diese Turbulenz enthält Druckschwankungen, die von den Hörsystemmikrofonen in elektrische Schwingungen konvertiert werden. Windgeräusch hat einen signifikanten Einfluss auf das Hörerlebnis des Hörsystemträgers. Ganz gleich ob der Hörsystemträger einen Tag auf dem Golfplatz genießt oder eine entspannende Fahrradtour, Windgeräusche an den Mikrofonöffnungen der Hörsysteme können 80 dB SPL überschreiten. Wenn ein turbulentes Geräusch mit diesem Pegel auf die Mikrofone trifft, vermindert es die Sprachverständlichkeit und bewirkt oft aufgrund der Intensität des Windgeräusches ein unangenehmes Hören für den Benutzer. Abbildung 1 illustriert die turbulent Windgeschwindigkeit, wenn der



Benutzer Hinterdem-Ohr- (HdO-) Hörsysteme trägt. Der rote Farbton zeigt die Bereiche mit der höchsten turbulenten Geschwindigkeit an.

Abbildung 1: Turbulente Windgeschwindigkeit für ein HdO-Hörsystem

FAKTOREN, WELCHE DIE SCHWERE DES WINDGERÄUSCHPROBLEMS BEEINFLUSSEN

Mehrere Faktoren können die Schwere des Windge-

räuschproblems für den Hörsystemträger entweder erhöhen oder verringern. Zum einen kann der Ort der Mikrofone die Höhe des Windgeräusches beeinflussen. Hörsysteme, deren Mikrofon in der Ohrmuschel liegt wie z.B. custom Remote Microphone (RM) Geräte, oder am Gehörgangseingang in der Concha wie z.B. Completely-in-the-Canal-Geräte (CIC) werden durch Windgeräusche weniger beeinträchtigt, weil die anatomischen Strukturen des Außenohres eine Schutzwirkung haben. Dagegen sind HdO-Geräte normalerweise am wenigsten durch das Außenohr vor Windgeräuschen geschützt, weil die Mikrofone über oder hinter der Ohrmuschel liegen. Abbildung 2 stellt das Windgeräusch als Funktion der Energie am Mikrofonort für die RM-, CIC- und HdO-Hörsysteme dar.

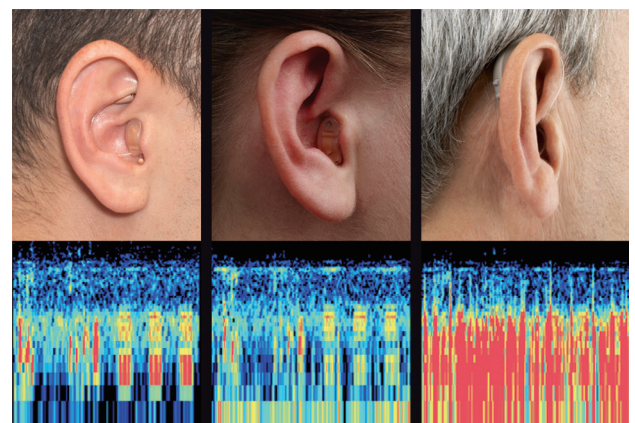


Abbildung 2: Energiespektrum des Windgeräusches am Ort des Hörsystemmikrofons für die Bauformen RM (a), CIC (b) und HdO (c). Eine geringe Energie wird in blau dargestellt und eine hohe in rot.

Der Pegel des Windgeräusches, das der Hörsystemträger wahrnimmt, ist abhängig von der Windrichtung in Bezug auf das Hörsystem. Sowohl für das custom Gerät als auch für das HdO-Gerät tritt der geringste

ReSound

rediscover hearing

Pegel des Windstromgeräusches auf, wenn die Hörsystemmikrofone direkt in den Windstrom ausgerichtet sind.

Die Signalverarbeitung des Hörsystems kann auch zu dem Problem beitragen. Windgeräusche sind für Dual-Mikrofon-Hörsysteme problematischer als für Geräte mit einem einzelnen Mikrofon (Thompson, 2000; Kates, 2008), weil das Windgeräuschspektrum tieffrequent ist und räumlich unkorreliert. Im Wind entstehen ausgeprägte Luftwirbel an jedem Mikrofon des Hörsystems. Da jeder dieser Wirbel einmalig ist, gilt dies auch für das Signal an jedem Mikrofoneingang, so dass die Signale dadurch unkorreliert sind. Die Kombination aus den unkorrelierten Eingängen an den zwei Mikrofonen oder Ports eines direktionalen Hörsystems führen zu einer Erhöhung des Signalpegels. So wird in einem herkömmlichen, direktionalen Hörsystem mit einer Anhebung der tiefen Frequenzen das Windgeräusch noch verstärkt.

Hörsystemhersteller haben verschiedene Wege, um dieses Dilemma anzugehen. Die meisten direktionalen Hörsysteme verwenden heute zwei omnidirektionale Mikrofone, und die Benutzer haben die Option, die Mikrofonmodi auf omnidirektional zu schalten, wenn das Windgeräusch zu Problemen führt (Beard & Nepomuceno, 2001; Thompson & Dillon, 2002; Chung et al., 2009, 2010). Andere Methoden zur Reduzierung von Windgeräusch in Hörsystemen verwenden u.a. zwei Mikrofone mit einer geringeren Empfindlichkeit und ein Hochpassfilter, da beim Windgeräusch tieffrequente Charakteristiken vorherrschen (Churg, 2010). ReSound mit dem Surround Sound Prozessor, der für tiefe Frequenzen eine omnidirektionale Verarbeitung vorsieht, verringert das Windproblem bereits stark. Das Windgeräusch bleibt aber immer noch erhalten. Aus diesem Grund wurde WindGuard als zweite Linie zur Unterdrückung von Windgeräuschen sowohl im direktionalen als auch im omnidirektionalen Mikrofonmodus entwickelt.

DER RESOUND WINDGUARD

Das WindGuard Feature erkennt Windgeräusche sowohl am vorderen als auch am rückwärtigen Mikrofon eines Dual-Mikrofon Hörsystems. Das Feature arbeitet,

wenn ein direktionaler Betrieb ausgewählt wurde, aber auch wenn sich das Hörsystem in einem omnidirektionalen Programm befindet. Bei Schallsignalen wie z.B. Sprache, sind die Signale an beiden Mikrofonen annähernd gleich. Dies ist im Großen und Ganzen der Fall, weil die Wellenlängen von Sprachsignalen länger sind als der Abstand zwischen den Mikrofoneingängen am Hörsystem. Bei Wind sind die Signale aufgrund ihrer unkorrelierten Natur aber nicht äquivalent. Diese ausgeprägte Eigenschaft des Windgeräusches ermöglicht es dem Hörsystem zwischen dem Windgeräusch und dem erwünschten tieffrequenten Schallsignal aus der akustischen Umgebung zu unterscheiden.

Das Ziel von WindGuard ist es, die Verstärkung in den Frequenzbändern, in denen Wind erkannt wurde, ausreichend zu reduzieren, um dem Hörsystemträger Hörkomfort zu bieten, ohne die Verstärkungswerte in den Frequenzbändern zu stören, die nicht durch Wind beeinträchtigt sind. Die Höhe der Verstärkungsreduktion variiert mit der Umgebung und dem Pegel des Windgeräusches, so dass die Reduktion in der Situation so individuell wie möglich ist, ohne die Hörbarkeit anderer Schallsignale zu opfern. Das Endergebnis ist, dass der Hörsystemträger ein sehr natürliches Klangerebnis hat, mit leisen Windgeräuschen im Hintergrund und der Erhaltung der Hörbarkeit für andere Schallsignale in der Umgebung.

WindGuard besteht aus zwei Komponenten: Einem Winderkennungsmodul und einem Windreduktionsmodul. In der Erkennungsstufe werden nur Geräusche unter 3000 Hz berücksichtigt, da Windgeräusche normalerweise bei hohen Windgeschwindigkeiten eine spektrale Spitze von 100 Hz haben (Larsson & Olsson, 2004). Der Betrag des Windgeräusches wird in Bezug auf andere Schallsignale über beide Mikrofone berechnet, indem die gefilterten Ausgänge der Mikrofone korreliert werden. Windgeräusche sind wahrscheinlich dann vorhanden, wenn die Signale von den beiden Mikrofonen nicht korreliert sind. Diese Kalkulation findet mit hoher Geschwindigkeit statt, damit sichergestellt ist, dass das Windgeräusch schnell erkannt und reduziert wird. In der letzten Stufe der Winderkennung wird der Pegel des Windgeräusches mit dem Pegel von anderen Schallsignalen in der Umgebung verglichen,

um einen Wind-Umgebungsgeräuschabstand zu bestimmen, mit dessen Hilfe das Windreduktionsmodul festlegt, um wie viel die Verstärkung zu reduzieren ist.

Die zweite Komponente von WindGuard ist das Windreduktionsmodul. Wenn das System ein Windgeräusch erkennt, das höher als 70 dB SPL ist, wird die Verstärkung in den speziellen Frequenzbändern reduziert. Abbildung 3 zeigt ein stark vereinfachtes Schema der beiden Module von WindGuard.



Abbildung 3. Vereinfachtes Schema des Dual-Mikrofon-Eingangs und WindGuard

WINDGUARD ANPASSUNGSFÄHIGKEIT AUF SICH ÄNDERNDE WINDVERHÄLTNISSE

WindGuard stellt sicher, dass die optimale Lösung unabhängig von der Umgebung gefunden wird. Offensichtlich wird die Verstärkung nicht reduziert, wenn kein Windgeräusch erkannt wird. Das System analysiert und speichert kontinuierlich Informationen über die aktuelle Umgebung, um sie bei der Berechnung des Wind-Umgebungsgeräuschabstands zu nutzen. Abbildung 4 illustriert die drei verschiedenen Stufen der WindGuard Verarbeitung. In Diagramm A wird kein Windgeräusch erkannt. In dieser Situation wird der Pegel des Umgebungsgeräusches kontinuierlich aktualisiert, um für die Berechnung des Wind-Umgebungsgeräuschabstands verfügbar zu sein, wenn ein Windgeräusch auftritt. Diagramm B zeigt den Zustand, wenn ein Windgeräusch erkannt wurde, es aber unter 70 dB SPL liegt. In diesem Fall findet keine Verstärkungsreduktion statt. Diagramm C illustriert, wie die Verstärkung in den tieffrequenten Bändern reduziert wird, wenn ein Windgeräusch erkannt wird, das 70 dB SPL überschreitet. Die Höhe der Verstärkungsreduktion basiert auf dem Wind-Umgebungsgeräuschabstand und hat zum Ziel, den Pegel des Windgeräusches auf den mittleren Schallpegel in der Umgebung des Benutzers zu reduzieren. Die Reaktionszeit der Verstärkungsreduktion bei Windgeräusch beträgt 250 ms, was bedeutet, dass sich die Höhe der Redukti-

on bis zu viermal pro Sekunde ändern könnte. Diese Reaktionszeit ist schnell genug, um auf Lautstärkeänderungen des Windgeräusches zu reagieren, das der Benutzer hört, und langsam genug, um Artefakte oder andere Verzerrungen des Klangs zu vermeiden.

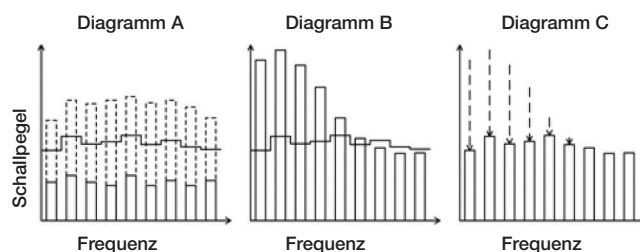


Abbildung 4. Zustände der WindGuard Verarbeitung. Die Balken stellen die Lautstärke pro Band dar. Die durchgezogenen Balken zeigen die minimale Lautstärke in einem bestimmten Zeitabschnitt an, und die Erweiterungen durch die gepunkteten Balken den maximalen Lautstärkepegel in demselben Zeitabschnitt. Die horizontale durchgezogene, gezackte Linie zeigt den mittleren Lautstärkepegel eines Schallsignals pro Band an. Szenario A zeigt die Situation, in der es keinen Wind gibt und der mittlere Lautstärkepegel berechnet wird. Szenario B illustriert ein vorhandenes Windgeräusch, das aber unter 70 dB SPL liegt. Hier findet keine Verstärkungsreduktion statt, weil das Windgeräusch bei einem geringen Pegel erkannt wurde. In Szenario C wird ein Windgeräusch über 70 dB SPL erkannt. Die Verstärkungsreduktion, dargestellt durch Pfeile nach unten, verschiebt die Pegel des Windgeräusches auf den mittleren Lautstärkepegel, der zuvor vom System gespeichert wurde.

WindGuard ist in omnidirektionalen sowie direktionalen Eingangseinstellungen verfügbar. Wenn WindGuard in einem omnidirektionalen Programm aktiviert ist, wird das rückwärtige Mikrofon ausschließlich für die Winderkennung aktiviert. In diesem Fall wird kein Signal vom rückwärtigen Mikrofon für die Signalverarbeitung genutzt außer für die Reduktion des Windgeräusches.

OPTIMALE PARAMETER DEFINIERT DURCH DIE ERGEBNISSE VON PROBANDENTESTS

Bei der Entwicklung eines neuen Features wie WindGuard ist es wichtig Rückmeldungen von den Endverbrauchern in Situationen ihres täglichen Lebens zu erhalten. Dies ist aus zwei Gründen wichtig: sicherzustellen, dass das neue Feature einen Vorteil bringt im Vergleich zu den Erfahrungen des Endverbrauchers ohne dieses Feature und zu verifizieren, dass die Parametereinstellungen für die meisten Situationen geeignet sind. Wie bei den meisten Features bietet WindGuard mehrere mögliche Parametereinstellungen. Nachdem die besten Einstellungen theoretisch ermittelt wurden, ist es wichtig Kommentare und Be-

schwerden der Endverbraucher zu erhalten, die sie während ihrer Testphase mit dem neuen Feature, das in den Testhörsystemen aktiviert war, geäußert haben.

Den Benutzern erhielten in den Tests eine der verschiedenen, verfügbaren ReSound Alera Bauformen, in denen das Feature WindGuard aktiviert war. Um sicherzustellen, dass die Windgeräuschreduktion für die Endverbraucher einen Vorteil bringt, wurden den Teilnehmern Fragen dazu gestellt, ob sie im Windgeräusch kommunizieren. Als erstes wurden die Teilnehmer gefragt, wie oft sie in windigen Umgebungen sind und keinen Kommunikationsbedarf haben. Als zweites wurden dieselben Teilnehmer gefragt, wie oft sie sich in Umgebungen mit Windgeräusch aufhalten, in denen sie Gespräche führen müssen. Insgesamt zeigten die Antworten der Testpersonen, dass, obwohl sie nicht immer in windigen Umgebungen Gespräche führen müssen, es doch einen deutlichen Bedarf gibt, oft in windigen Situationen zu kommunizieren.

Nachdem sichergestellt war, dass die Testpersonen sich ausreichend in Windgeräuschen aufhalten, um in der Lage zu sein, das WindGuard Feature genau zu evaluieren, wurden sie nach ihren Erfahrungen gefragt. Nach der Auswertung der Antworten der Probanden nach einer Tragezeit von vier bis sechs Wochen, wurden Änderungen an den Parametereinstellungen der Features vorgenommen, um auftretende Probleme mit WindGuard oder Windgeräuschen zu berücksichtigen. Zu den Parametern, die bei der Entwicklung dieses Features nach den gesamten Rückmeldungen der Teilnehmer geändert wurden, zählen die Höhe der Verstärkungsreduktion pro Band, die Ein- und Ausschwingzeitkonstanten, die Schwelleneinstellung für die Windgeräuscherkennung sowie die Stärke und der Einfluss der verschiedenen Levels von WindGuard („Mild“, „Moderat“ und „Stark“). Nach diesen Änderungen wurden die Probanden wieder gebeten, die Hörleistung in windigen Situationen zu evaluieren.

FALLBEISPIEL

Der Fall einer Frau, die mit den binauralen Alera HdO Hörsystemen versorgt war, illustriert diesen Prozess. Sie hatte einen symmetrischen, sensorineuralen Hörverlust mit einem moderaten Abfall zu einem hoch-

gradigen und war versorgt mit einer verschlossenen Hörsystemkonfiguration. Im Folgenden finden sich ihre Kommentare über Windgeräusche beim zweiten, dritten und vierten Nachsorgetermin (Tabelle 1).

Besuch in der Testphase	Windgeräuscherfahrungen und Kommentare	Lösung/Änderungen an WindGuard
2	„Sehr gestört durch Windgeräusche. Kann kein Gespräch mit jemanden führen, wenn der Wind bläst.“	Höhere Einstellung des WindGuard in der Anpassungssoftware von „Moderat“ auf „Stark“
3	„Immer noch durch Wind gestört“	Neuanpassung der Hörsysteme mit Änderung der WindGuard Parameter
4	„Kann jetzt eine Änderung zum Besseren hören, wenn ein Windgeräusch auftritt. Keine Störung durch das Windgeräusch mehr. Mag die Hörsysteme.“	(Ende der Testphase)

Tabelle 1. Fallbeispiel aus einer Forschungsstudie

Für diese Versuchsperson resultierten die Änderungen der WindGuard Parameter in einer Verringerung des Windgeräusches und führten dadurch zu einer Linderung der Probleme mit Windgeräuschen im täglichen Leben. Die Ergebnisse zeigen, dass die Parameteränderungen an WindGuard basierend auf den Kommentaren der Versuchsperson hilfreich waren bei der Erhaltung einer guten Klangqualität und Hörbarkeit.

ANPASSUNG VON WINDGUARD AN DIE ANFORDERUNGEN DER ENDVERBRAUCHER

Mit den Testergebnissen der Versuchspersonen als Richtlinie wurden die Standardeinstellungen für das WindGuard Feature für jedes Programm in der Aventa Anpassungssoftware bestimmt. WindGuard steht für alle Dual-Mikrofon Hörsysteme zur Verfügung, darunter HdO-Geräte, die normalerweise die höchsten Windgeräusche von allen Bauformen haben (siehe Abbildung 2) und Dual-Mikrofon Kanal- (ITC) und Conchageräte (ITE), die größer sind und wahrscheinlicher Probleme mit turbulenten Windgeräuschen haben. WindGuard ist nicht erforderlich für Remote Microphone oder andere kleinere Im-Kanal-Hörsysteme, da sie durch die Ohrmuschel und das Außenohr vor Wind geschützt sind.

Stellen Sie sich vor, der Hörsystemträger ist ein Radfahrer auf einer belebten Straße. Der Benutzer ist aktuell im Programm mit aktiviertem WindGuard. Der Non-Wind Straßenlärm beträgt 70 dB SPL, den der Detektor als mittleren Lautstärkepegel berechnet hat. Plötzlich bläst ein Windstoß hinter dem Radfahrer bei 80 dB SPL. WindGuard subtrahiert das Windgeräusch von dem mittleren Lautstärkepegel und verwendet ein Offset basierend auf den programmierten WindGuard Einstellungen („Mild“, „Moderat“ oder „Strong“). So ist also die Höhe der Verstärkungsreduktion abhängig von zwei Aspekten: der Differenz zwischen dem Pegel des Windgeräusches und dem mittleren Umgebungspegel ohne Wind (Wind-Umgebungsgeräuschverhältnis) und dem Offset, der sich daraus herleitet, ob WindGuard auf „Mild“, „Moderat“ oder „Strong“ eingestellt wurde. Zusätzlich wird die Verstärkungsreduktion für jedes einzelne Band angewandt, so dass in einem Multiband Hörsystem jedes Band eine andere Höhe der Verstärkungsreduktion haben kann.

WindGuard ist in allen Mikrofonprogrammen verfügbar. Das Feature ist standardmäßig in jedem dieser Mikrofon basierten Programme auf „Aus“ geschaltet mit Ausnahme des Outdoor Programms, in dem die Standardeinstellung „Mild“ ist. WindGuard ist keine Option in Telecoil (TC), Direct Audio Input (DAI) oder den Streaming Programmen.

ANPASSEMPFEHLUNGEN

Da das Outdoor Programm kein Standardprogramm ist, ist WindGuard für die meisten Anpassungen nicht aktiv. Wenn bei der Fallgeschichte oder im Gespräch die Patienten Probleme draußen in windigen Situationen erwähnen, wie z.B. auf einem Golfplatz oder beim Fahrradfahren, kann es vorteilhaft sein, entweder ihren Hörsystemen ein Outdoor Programm hinzuzufügen oder WindGuard manuell in den von diesem Patienten am häufigsten verwendeten Programmen zu aktivieren. Wenn die Einstellung „Mild“ nicht ausreicht und für einen individuellen Patienten immer noch Probleme mit Windgeräuschen bestehen, kann die Einstellung in Aventa einfach auf „Moderat“ oder „Stark“ für eine höhere Reduktion des Windgeräusches erhöht werden. Für viele Patienten, die sich berufsbedingt oder in der Freizeit oft draußen aufhalten, kann WindGuard für

den Hörkomfort dieser Menschen sehr vorteilhaft sein und die Akzeptanz der Hörsysteme erhöhen.

ZUSAMMENFASSUNG

Das frustrierende und unangenehme Hörerlebnis aufgrund von Windgeräuschen in der Umgebung kann die Klangqualität für den Hörsystemträger beeinträchtigen. Windgeräusche können von der Sprache in der Umgebung ablenken und die Sprachverständlichkeit selbst bei geringen Windgeschwindigkeiten opfern. Aus diesem Grund hat ReSound das WindGuard Feature entwickelt, welches den Pegel des Windgeräusches in Dual-Mikrofon Hörsystemen reduziert. Optimale Einstellungen wurden aus Testphasen mit Versuchspersonen abgeleitet, um sicherzustellen, dass die Benutzer Vorteile in der realen Welt erhalten. WindGuard kann über die Aventa Anpasssoftware einfach aktiviert und für den individuellen Patienten feinangepasst werden.

LITERATUR

1. Beard J, Nepomuceno H. (2001). Wind noise levels for an ITE hearing aid. Knowles Engineering Report, 128, Revision A.
2. Chung K. (2010, April 06). Reducing Noise Interference: Strategies to Enhance Hearing Aid Performance. The ASHA Leader.
3. Chung K, Mongeau L, McKibben N. (2009). Wind noise in hearing aids with directional and omnidirectional microphones: polar characteristics of behind-the-ear hearing aids. *Journal of Acoustical Society of America*, 125(4), 2243–59.
4. Chung K, McKibben N, Mongeau L. (2010). Wind noise in hearing aids with directional and omnidirectional microphones: polar characteristics of custom-made hearing aids. *Journal of Acoustical Society of America*, 127(4), 2529-42.
5. Dillon H, Roe I, Katsch R. (1999). Wind Noise in Hearing Aids. NAL Annual Report.
6. Kates J. (2008). *Digital Hearing Aids*. San Diego: Plural Publishing.
7. Larsson P, Olsson P. (2004). Detection of wind noise in hearing aids. Masters thesis, Department of Electrosience, Lund Institute of Technology, March, 2004.
8. Thompson SC. (2000). Directional microphone patterns: They also have disadvantages. *Audiology Online*.
9. Thompson S, Dillon H. (2002). Wind noise in hearing aids. Presented at American Academy of Audiology Convention, Philadelphia, PA.

GN Hearing GmbH
An der Kleimannbrücke 75
48157 Münster
02 51 / 2 03 96 – 0
02 51 / 2 03 96 – 250
info@gnresound.de

ReSound

rediscover hearing