

Signia Multi-adaptive Xperience mit Acoustic Intelligence™: Ganzheitliche, KI-gestützte Verbesserung von Gesprächen in lauten Umgebungen

Signia Multi-adaptive Xperience (MaX) führt ganzheitliche künstliche Intelligenz (AI, engl. für Artificial Intelligence) in Hörgeräten ein. Wir nennen sie Acoustic Intelligence™. Vier Deep Neural Networks (DNNs) arbeiten dabei im Zusammenspiel, um die vier zentralen Signalverarbeitungs-Technologien der MaX Plattform zu optimieren. Acoustic Intelligence™ ermöglicht eine hochadaptive Klangverarbeitung in unterschiedlichsten akustischen Umgebungen und hebt unter anderem die Sprachverarbeitung auf ein neues Niveau – insbesondere bei anspruchsvollen Gruppengesprächen mit Hintergrundgeräuschen. Dieses Paper beschreibt im Detail, wie Acoustic Intelligence™ funktioniert und die gesamte Klangverarbeitung optimiert. Außerdem stellen wir die neuentwickelten Generationen von eWindScreen 2.0 und SoundSmoothing 2.0 vor. Sie wurden entwickelt, um bei Windgeräuschen und plötzlich auftretenden impulsartigen Geräuschen den Komfort zu erhöhen, ohne die Sprachklarheit zu beeinträchtigen. Alle Features tragen zum übergeordneten Ziel von Signia bei, die Sprachklarheit in allen Hörsituationen zu erhalten. Wir präsentieren eine Reihe technischer SNR-Messungen (Signal-to-Noise-Ratio), die die Performance-Vorteile der Signia MaX Plattform bei Gruppengesprächen in einem geräuschvollen Umfeld belegen. Die Ergebnisse zeigen deutliche Verbesserungen von MaX gegenüber der Vorgängerplattform und belegen, dass MaX Premium-Hörgeräte wichtiger Wettbewerber übertrifft.

Niels Søgaard Jensen, Barinder Samra, Homayoun Kamkar Parsi, Cecil Wilson

AUGUST 2026

Take-away Messages

- Signia MaX wird von Acoustic Intelligence™ gesteuert. Vier separate, aber eng miteinander vernetzte DNNs steuern dabei vier zentrale Signalverarbeitungs-Technologien.
- Signia MaX zeigt eine überlegene SNR-Performance und übertrifft wichtige Wettbewerber bei Gruppengesprächen mit Geräuschen. Gegenüber dem besten Wettbewerber erreicht MaX einen SNR-Vorteil von 3,1 dB.
- SoundSmoothing 2.0 reduziert impulsartige Geräusche und erhält Sprache gleichzeitig besser als wichtige Wettbewerber. Das Intensitätsverhältnis zwischen impulsartigen Geräuschen und Sprache wird dabei um bis zu 66 % reduziert.
- eWindScreen 2.0 reduziert Windgeräusche und erhält Sprache gleichzeitig besser als zuvor. Gegenüber Signia IX verbessert sich das Intensitätsverhältnis zwischen Sprache und Windgeräusch um 74 %.

Einleitung

Die Hörgerätetechnologie hat sich in den vergangenen Jahrzehnten erheblich verbessert und zu einer hohen allgemeinen Zufriedenheit bei HörgeräteträgerInnen geführt. In der aktuellen MarkeTrak 2025 Studie (Picou, 2025) gaben 79 % der befragten HörgerätebesitzerInnen an, mit ihrer Fähigkeit, in allen Hörsituationen zu hören, zufrieden zu sein. Bei den befragten Personen ohne Hörgeräte waren es 43 %.

Die Daten der MarkeTrak 2025 zeigen jedoch auch, dass die Zufriedenheitswerte in anspruchsvollen Hörsituationen sinken. Die niedrigsten Werte – sowohl bei HörgerätebesitzerInnen als auch bei Personen ohne Hörgeräte – wurden in den Situationen „beim Versuch, Gesprächen im Störgeräusch zu folgen“ und „bei Gesprächen in großen Gruppen“ beobachtet.

Eine der Schlüsseltechnologien, die eingesetzt wird, um die Herausforderungen von HörgeräteträgerInnen in anspruchsvollen Kommunikationssituationen mit Hintergrundgeräuschen zu adressieren, ist künstliche Intelligenz. Dies gilt insbesondere für Systeme zur Geräuschreduktion, die auf Deep Neural Networks (DNNs) basieren (z. B. Andersen et al., 2021; Fitzgerald et al., 2025; Ashkanichenarlogh et al., 2025). Kurz gesagt sind DNNs Machine-Learning-Modelle, die über mehrere Verarbeitungsebenen komplexe Zusammenhänge in Daten erlernen und so fortschrittliche Fähigkeiten zur Mustererkennung und Signalverarbeitung ermöglichen (LeCun et al., 2015).

In den vergangenen Jahren wurden verschiedene DNN-basierte Ansätze zur Geräuschreduktion auf dem Hörgerätemarkt eingeführt, teilweise in Kombination mit konventioneller Direktionalität. Zwar konnten für diese Technologien in bestimmten Situationen Vorteile für HörgeräteträgerInnen nachgewiesen werden (z. B. Moore, 2026), die Entwicklung der MarkeTrak Bewertungen im Zeitverlauf deutet jedoch nicht darauf hin, dass diese neuen Technologien zur Geräuschreduktion – übergreifend betrachtet – einen spürbaren Effekt auf die Fähigkeit von Hörgeräten hatten, die Herausforderung von Gruppengesprächen mit konkurrierenden Geräuschen effektiv zu bewältigen.

Ein Grund dafür könnte sein, dass der Ansatz der meisten dieser Systeme eher eindimensional war: nämlich ausschließlich Geräuschreduktion. In manchen Situationen kann dies HörgeräteträgerInnen einen Vorteil bieten. Unter anderen Bedingungen reicht es möglicherweise schlicht nicht aus, um ihre Anforderungen und Bedürfnisse in der jeweiligen Situation zu erfüllen. HörgeräteträgerInnen benötigen möglicherweise Unterstützung, die über die reine Geräuschreduktion hinausgeht.

Mit der Einführung der Multi-adaptive Xperience (MaX) Plattform verfolgt Signia einen völlig anderen und deutlich ganzheitlicheren Ansatz bei der Anwendung von KI und DNN-basierter Hörgerätetechnologie. Anstatt sich „nur“ auf die Geräuschreduktion zu konzentrieren, ist der Einsatzbereich von KI bei MaX wesentlich breiter. Andere Systeme setzen typischerweise ein DNN mit einem eng gefassten Zweck ein, das zudem nur zu bestimmten Zeiten aktiv ist – entweder, wenn es von den HörgeräteträgerInnen als zweites Programm ausgewählt wird, oder wenn die akustischen Bedingungen es erfordern. MaX hingegen umfasst vier verschiedene DNNs. Sie sind jederzeit und in allen Hörsituationen aktiv und steuern die Signalverarbeitung.

Die vier DNNs in MaX erfüllen unterschiedliche Aufgaben und werden entsprechend unterschiedlich trainiert. Gleichzeitig sind sie eng miteinander vernetzt und aufeinander abgestimmt. Gemeinsam steuern sie die Signalverarbeitung in jeder Situation, der HörgeräteträgerInnen begegnen. So passt sich MaX vollständig an die jeweilige Situation und die spezifischen Bedürfnisse der HörgeräteträgerInnen an – unabhängig davon, um welche Situation es sich handelt.

Gemeinsam bilden die vier DNNs das „Gehirn“ von MaX. Deshalb bezeichnen wir das kombinierte System als Acoustic Intelligence™. Mit Acoustic Intelligence™ geht MaX über die traditionelle klangliche Klassifikation anderer Hörgeräte hinaus und liefert eine wesentlich detailliertere Beschreibung der akustischen Umgebung, in der sich HörgeräteträgerInnen zu jedem Zeitpunkt befinden. Durch die KI-basierte Steuerung von vier zentralen Signalverarbeitungs-Technologien von MaX bietet Acoustic Intelligence™ eine ganzheitliche, systemische Intelligenz, die sämtliche Aspekte der Signalverarbeitung steuert

– einschließlich der Geräuschreduktion, aber nicht darauf beschränkt.

Im ersten Teil dieses White Papers beschreiben wir die MaX Plattform und insbesondere das Konzept von Acoustic Intelligence™: wie sie die verschiedenen zentralen Signalverarbeitungs-Technologien von MaX steuert und miteinander verbindet und wie sie HörgeräteträgerInnen unterstützt, in den unterschiedlichen Situationen ihres Alltags ihr Bestes zu geben – selbst in besonders anspruchsvollen Gruppengesprächen im Geräusch.

Der zweite Teil des Papers widmet sich den mit der MaX Plattform eingeführten Features SoundSmoothing 2.0 und eWindScreen 2.0, die deutliche Verbesserungen bei der Verarbeitung impulsartiger Geräusche und von Windgeräuschen bieten. Darüber hinaus erläutert dieser Teil kurz das Update der MaX-Fit Anpassformel, das mit der MaX Plattform eingeführt wird.

Teil I: KI-gesteuerte Signalverarbeitung

Im ersten Teil dieses White Papers beschreiben wir die MaX Plattform, Acoustic Intelligence™ und die vier KI-gesteuerten Schlüsseltechnologien.

Die MaX Plattform

Signia MaX basiert auf einer neuen, hochentwickelten Hardware-Plattform, die gegenüber der vorherigen Integrated Xperience (IX) Plattform deutliche Leistungssteigerungen bietet: 54-mal mehr Rechenleistung, doppelt so viel Speicher und eine um rund 50 % höhere Effizienz. Diese Leistungssteigerungen sind erforderlich, um die neue KI-Technologie mit systemischer Intelligenz sowie die weiteren neuen oder aktualisierten Signalverarbeitungs-Features der MaX Plattform zu ermöglichen.

Die MaX Signalverarbeitung baut auf dem Fundament von Signia IX auf. Dazu gehören die einzigartige Zwei-Wege-Signalverarbeitung (Split Processing) und die Multi-Beamformer Technologie. Mit ihr wurde Multi-Stream Processing als völlig neuer Ansatz eingeführt, um in Gruppengesprächen mehrere GesprächspartnerInnen aus den Geräuschen

hervorzuheben (Jensen et al., 2023). Diese Technologie wurde innerhalb der neuen Struktur vollständig überarbeitet und um mehrere weiterentwickelte Aspekte ergänzt, um die Gesamtleistung von MaX weiter zu verbessern.

Die Einführung von Acoustic Intelligence™ stellt eine bedeutende Weiterentwicklung in der Signalverarbeitung von Hörgeräten dar. Sie ist eine grundlegend neue Art, KI in Hörgeräten einzusetzen – und von ihr zu profitieren. Die systemische Intelligenz steuert und optimiert die meisten Aspekte der MaX Signalverarbeitung und erhöht die Effektivität und Wirkung der Signalverarbeitungs-Features. Acoustic Intelligence™ verbessert diese Features nicht nur, sondern synchronisiert sie in jedem Moment. Das Ergebnis ist eine verbesserte und überlegene Leistung bei verschiedenen Messungen.

Neben der Einführung der neuen Acoustic Intelligence™ Technologie ist die binaurale Kommunikation einer der wichtigsten technologischen Wegbereiter für einige bedeutende audiologische MaX Features. Sie wird durch die neue Near-Field Magnetic Induction (NFMI, e2e 5.0) Verbindung zwischen dem linken und rechten Hörgerät ermöglicht.

Seit der Einführung des ersten Ear-to-Ear (e2e) Kommunikationssystems vor mehr als zwei Jahrzehnten ist die Synchronisierung und Integration der Signalverarbeitung zwischen beiden Hörgeräten ein Markenzeichen von Signia. Sie hat den Weg für marktführende Lösungen in der binauralen Signalverarbeitung geebnet. Die neue Generation der Ear-to-Ear Kommunikation (e2e 5.0) von MaX wurde deutlich verbessert. Eine neu entwickelte Antenne sorgt für ein um 35 % stärkeres Signal zwischen den Ohren und damit für eine robustere und stabilere Verbindung zwischen den beiden Hörgeräten. Dadurch können die Hörgeräte in Echtzeit durchgängig zusammenarbeiten und die Arbeitsbedingungen für die verschiedenen binauralen Algorithmen werden in nahezu allen Situationen verbessert. Darüber hinaus ermöglichen höhere Datenraten den Einsatz hochwertiger High Quality (HQ) Audio Codecs für die Ear-to-Ear Übertragung, um die Klangqualität sowohl bei der binauralen Signalverarbeitung als auch beim Bluetooth Classic Streaming zu verbessern. In Kombination mit Acoustic Intelligence™ lassen sich so bisher unerreichte Leistungsniveaus in der binauralen Signalverarbeitung erzielen.



Acoustic Intelligence™

Wie bereits in der Einleitung hervorgehoben, bilden vier separate DNNs den Kern von Acoustic Intelligence™ und steuern direkt alle Stufen der Signalverarbeitung. Insbesondere diese vier zentralen Technologien der MaX Plattform werden durch Acoustic Intelligence™ gesteuert und optimiert:

- Multi-Beamformer^{AI} (MBF^{AI})
- Own Voice Processing^{AI} (OVP^{AI})
- Ambient Scene Adaptation^{AI} (ASA^{AI})
- Dynamic Noise Control^{AI} (DNC^{AI})

Die vier DNNs werden in der nachfolgenden Textbox kurz beschrieben. Eine detaillierte Beschreibung der vier zentralen Technologien, ihrer Steuerung durch Acoustic Intelligence™ und ihres Beitrags zur Signia MaX Signalverarbeitung folgt in den nächsten Abschnitten dieses Kapitels.

Da die vier DNNs unterschiedliche Aufgaben erfüllen, sind sie unterschiedlich konzipiert und trainiert. Insgesamt wurden die DNNs mit 40 Millionen Soundbeispielen trainiert. Dazu gehören 11 verschiedene Sprachen, sechs Musikgenres sowie eine sehr große Vielfalt unterschiedlicher Stimmen und akustischer Umgebungen. Acoustic Intelligence™ analysiert die Umgebung mithilfe von 10 ms Samples und kann dadurch Veränderungen adaptieren.

Die vier DNNs sind hochgradig integriert und arbeiten als eine einheitliche KI-Einheit zusammen, die kontinuierlich interagiert und Informationen austauscht. Das bedeutet, dass die vier DNNs gemeinsam – also Acoustic Intelligence™ als Rechenzentrum – die vier zentralen Features Multi-Beamformer^{AI} (MBF^{AI}), Own Voice Processing^{AI} (OVP^{AI}), Ambient Scene Adaptation^{AI} (ASA^{AI}) und Dynamic Noise Control^{AI} (DNC^{AI}) steuern. So wird eine vollständig koordinierte Signalverarbeitung in allen Arten von akustischen Umgebungen und Hörsituationen sichergestellt. Es besteht also keine 1:1-Verbindung zwischen einem DNN und einem Feature. Das Prinzip ähnelt dem menschlichen Gehirn, das die lebenswichtigen Funktionen des Körpers koordiniert und synchronisiert und dafür sorgt, dass alle Bereiche nahtlos zusammenarbeiten.

Vier DNNs als Basis von Acoustic Intelligence™

Speech Detection DNN wurde mit einer großen Vielfalt an Sprachsignalen in unterschiedlichen Sprachen und vor verschiedensten Geräuschkulissen trainiert. Es ermöglicht die präzise Echtzeit-Erkennung externer SprecherInnen und damit eine sehr genaue Steuerung der Sprachverarbeitung, z. B. durch Multi-Beamformer^{AI} (MBF^{AI}) und Own Voice Processing^{AI} (OVP^{AI}).

Own Voice Detection DNN wurde darauf trainiert zu erkennen, wann HörgeräteträgerInnen selbst sprechen. Es steuert OVP^{AI} direkt und ersetzt damit das Training in der Hörakustik, das bei früheren Generationen von OVP erforderlich war. Own Voice Processing^{AI} trägt außerdem zur Steuerung des Multi-Beamformers^{AI} (MBF^{AI}) bei.

Noise Analysis DNN wurde darauf trainiert zu erkennen, welcher Art von Hintergrundgeräuschen HörgeräteträgerInnen zu einem bestimmten Zeitpunkt ausgesetzt sind, z. B. Sprachgewirr oder Verkehrslärm. Neben zusätzlichen Informationen für die Steuerung der Sprachverarbeitung – wenn Sprache vorhanden ist – steuert das DNN auch DNC^{AI} und somit die Verarbeitung von Umgebungsgeräuschen.

Scene Analysis DNN wurde darauf trainiert, die akustische Umgebung und Hörsituation von HörgeräteträgerInnen kontinuierlich zu interpretieren – beispielsweise, ob sie sich in einem Auto befinden oder Sprache bzw. Musik hören. Dies trägt unter anderem zur Steuerung von Ambient Scene Adaptation^{AI} (ASA^{AI}) bei. Sie stellt sicher, dass sich die Verarbeitung von Umgebungsgeräuschen in jeder Situation an die wichtigsten Bedürfnisse der HörgeräteträgerInnen anpasst.

Abbildung 1 veranschaulicht die Implementierung und Integration von Acoustic Intelligence™ in die MaX Plattform. Das Diagramm enthält zwar nicht

alle Elemente der MaX Plattform, Features und Interaktionen, zeigt jedoch die grundlegenden Prinzipien, nach denen Acoustic Intelligence™ die vier zentralen Technologien von MaX steuert. Dies wird durch die fett dargestellten roten Pfeile veranschaulicht. Die grauen Pfeile zeigen die Signalpfade (durchgezogene Linien) bzw. Steuerungspfade (gepunktete Linien).

Das Diagramm in Abbildung 1 veranschaulicht, wie die akustischen Signale – aus der links dargestellten Zwei-Wege-Signalverarbeitung (Split Processing) – vorverarbeitet werden, um den entsprechenden Input für Acoustic Intelligence™

bereitzustellen. Acoustic Intelligence™ steuert anschließend die vier Blöcke, die entweder die Gesprächs- und Umgebungs-Streams direkt verarbeiten oder die Signalverarbeitung in der Stufe Continuously Adapted Output steuern. Dort werden die Outputs der vier Technologieblöcke zusammengeführt und das Hörerlebnis für HörgeräteträgerInnen optimiert.

Die folgenden Abschnitte beschreiben die vier zentralen Technologien und die zugrunde liegenden Subfeatures – im Diagramm als rote Kästen dargestellt.

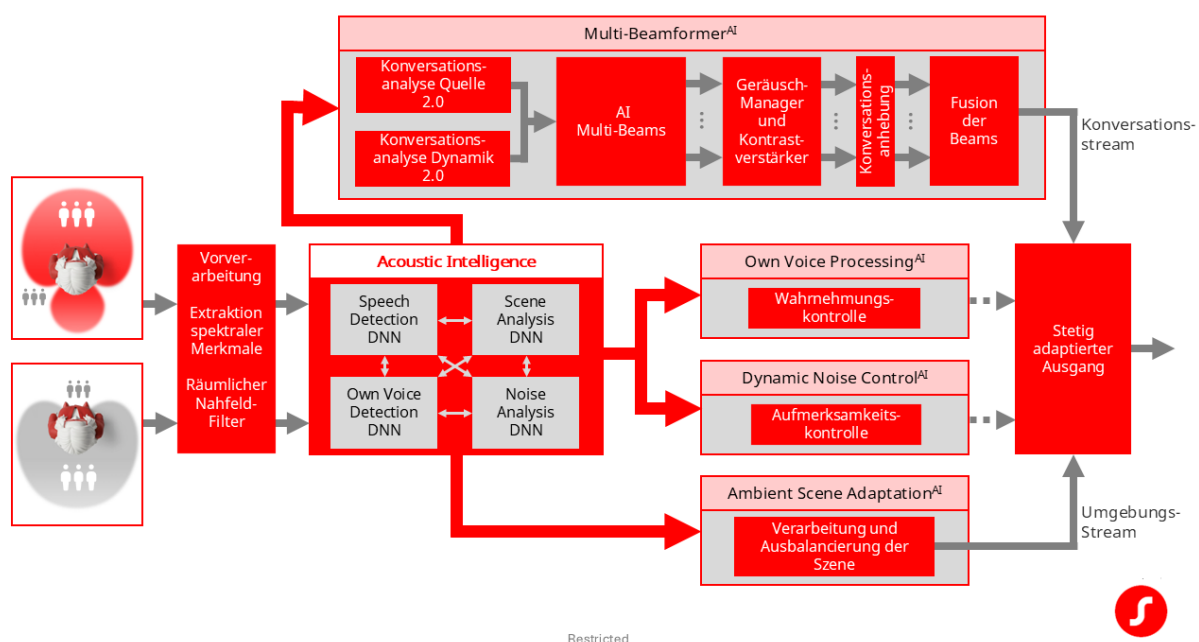


Abbildung 1. Diagramm zur Darstellung, wie Acoustic Intelligence™ mit ihren vier DNNs die vier zentralen Technologien der Signia MaX Plattform steuert: Multi-Beamformer^{AI} (MBF^{AI}), Own Voice Processing^{AI} (OVP^{AI}), Dynamic Noise Control^{AI} (DNC^{AI}) und Ambient Scene Adaptation^{AI} (ASA^{AI}). Das Diagramm zeigt nicht alle auf der MaX Plattform implementierten Signalverarbeitungs-Features und bildet auch nicht alle Verbindungen und Abhängigkeiten zwischen den eng miteinander vernetzten Blöcken ab.

Vier Schlüsseltechnologien

Im Folgenden beschreiben wir die vier zentralen Technologien, die von Acoustic Intelligence™ gesteuert werden.

Multi-Beamformer^{AI}

Als eine der zentralen Technologien der MaX Plattform bietet MBF^{AI} eine fortschrittliche Signalverarbeitung, die gezielt eine der problematischsten Situationen vieler HörgeräteträgerInnen adressiert: Gruppengespräche mit Hintergrundgeräuschen.

Für die erste Version des Multi-Beamformers (MBF), die mit der IX Plattform eingeführt wurde, zeigten Studien deutliche Vorteile für HörgeräteträgerInnen – sowohl in Labortests (Jensen et al., 2023; Jensen et al., 2025) als auch im Alltag (Folkeard et al., 2024; Jensen et al., 2024a).

Die auf der MaX Plattform verfügbare KI-Technologie ermöglicht MBF^{AI} einen deutlichen Entwicklungssprung gegenüber der IX Plattform. Acoustic Intelligence™ ermöglicht jetzt eine fortschrittlichere akustische Analyse der Gesprächssituation und ergänzt MBF^{AI} um eine neue KI-Steuerung, um die Sprachperformance mit konkurrierenden Geräuschen weiter zu

verbessern. Darüber hinaus wurden die bereits von IX bekannten Features weiterentwickelt, um von der multidimensionalen KI-Unterstützung durch Acoustic Intelligence™ zu profitieren.

Die MBF^{AI} Technologie ist in Abbildung 1 als größter grauer Kasten dargestellt. Wie bereits erwähnt, umfasst sie sowohl bekannte Elemente von Signia IX als auch vollständig neue Elemente.

Die Signia Zwei-Wege-Signalverarbeitung (Split Processing), die eine unabhängige Verarbeitung von Sound Streams aus der vorderen Hemisphäre (Fokus) und der hinteren Hemisphäre (Umgebung) ermöglicht – wie auf der linken Seite von Abbildung 1 dargestellt –, bleibt eine wichtige Grundlage für die MBF^{AI} Signalverarbeitung. Sie liefert den Input für MBF^{AI}. Neu hinzu kommt Acoustic Intelligence™, die den Input analysiert und die nachfolgende Signalverarbeitung in MBF^{AI} steuert und optimiert.

Wenn MBF^{AI} in Gesprächen aktiv ist, analysieren die aktualisierten Versionen 2.0 der Konversationsanalyse für Quellen und Dynamik die Gesprächssituation und bestimmen sowohl die Position der GesprächspartnerInnen als auch die Gesprächsdynamik. Diese Analyse wurde durch Acoustic Intelligence™ deutlich verbessert. Insbesondere das Speech Detection DNN ermöglicht eine bessere und präzisere Analyse der jeweiligen Gesprächssituation.

Diese Informationen werden zur Steuerung der AI Multi-Beams verwendet. Dadurch kann das System in dynamischen Gesprächen mit mehreren GesprächspartnerInnen noch schneller und gezielter reagieren. Gesteuert durch Acoustic Intelligence™ und insbesondere durch das Speech Detection DNN und Own Voice Detection DNN, die die Stärke der eingesetzten Beams kontrollieren, ermöglichen die neuen Analysen eine bessere Isolation und stärkere Hervorhebung der GesprächspartnerInnen. Dadurch treten die GesprächspartnerInnen deutlicher aus der Geräuschkulisse hervor, der SNR (Signal-to-Noise Ratio) verbessert sich und damit potenziell auch die Fähigkeit der HörgeräteträgerInnen, dem Gespräch zu folgen.

Dies wird schematisch in Abbildung 2 anhand eines Gruppengesprächs dargestellt, bei dem die Person direkt vor dem/der HörgeräteträgerIn spricht. Der aktivierte KI-gesteuerte Beam ist in der Abbildung mit [1] gekennzeichnet und zeigt

im Vergleich zum breiteren Beam des ursprünglichen MBF^{AI} einen engeren Fokus auf die erkannte, sprechende Person. Die breiteren Beams bleiben Bestandteil des Systems. Sie verbessern die Trennung der GesprächspartnerInnen und reduzieren diffuses Hintergrundgeräusch zwischen den GesprächspartnerInnen.

Neben den AI Multi-Beams wurden zwei weitere neue Signalverarbeitungs-Features in die MBF^{AI} Signalverarbeitung integriert. In Abbildung 1 sind diese Features in einem gemeinsamen Block als Geräuschmanagement und Kontrastverstärker dargestellt.

Der von Acoustic Intelligence™ gesteuerte Geräuschmanager berücksichtigt den Betriebszustand aller Multi-Beams und wendet eine zusätzliche binaurale Geräuschreduktion an, um die Sprachqualität durch die Unterdrückung verbleibender Hintergrundgeräusche weiter zu verbessern. Eine zentrale Funktion ist die dynamische Ermittlung des optimalen Geräuschreduktions-Niveaus. Dieses wird in Echtzeit aus dem kombinierten Einfluss der Multi-Beams und der Aktivität des Speech Detection DNN berechnet. Dieser adaptive Mechanismus maximiert die Geräuschunterdrückung, verhindert gleichzeitig Sprachverzerrungen und erhält die allgemeine Klangqualität. Die Absenkung der Hintergrundgeräusche ist in Abbildung 2 mit [2] dargestellt.

Der im Multi-Beamformer^{AI} enthaltene Kontrastverstärker passt sich dynamisch an den Gesprächsverlauf an, gesteuert durch Acoustic Intelligence™, und erhöht den Kontrast zwischen Sprache und Hintergrundgeräuschen, indem er bei vorhandener Sprache eine linearere Verstärkung ermöglicht. Dadurch wird der Fokus auf die sprechende Person weiter verstärkt und sie hebt sich noch deutlicher aus dem Hintergrundgeräusch hervor. Dies ist in Abbildung 2 mit [3] dargestellt.

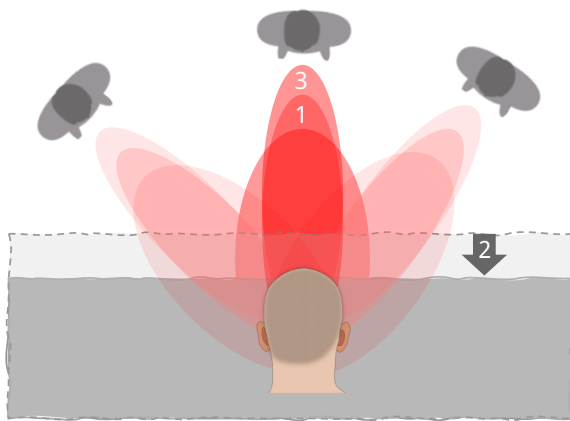


Abbildung 2. Schematische Darstellung der Effekte der AI Focus Streams (1) in die vordere Hemisphäre, des Multi-Stream Denoiser (2) und des Contrast Enhancer (3), die gegenüber der bisherigen, von Signia IX bekannten MBF^{AI} Version neu hinzugekommen sind. Alle drei neuen Features tragen zu einem verbesserten SNR bei.

Die übrigen in Abbildung 1 dargestellten MBF^{AI} Blöcke sind bereits von der IX Plattform bekannt. Der Conversation Booster steuert die Hervorhebung von Sprache innerhalb jedes Beams und optimiert die Balance zwischen den Beams. Bei der Fusion der Beams werden die einzelnen AI Multi-Beams zu einem Konversations-Stream zusammengeführt.

Own Voice Processing^{AI}

Own Voice Processing (OVP) ist seit fast einem Jahrzehnt ein einzigartiges Feature in Signia Hörgeräten und verbessert die Wahrnehmung der eigenen Stimme für HörgeräteträgerInnen (Powers et al., 2018). Darüber hinaus zeigte eine aktuelle Datenanalyse von Signia IX HörgeräteträgerInnen eine deutlich niedrigere Rückgabequote bei Personen mit aktiviertem OVP im Vergleich zu Personen, deren Hörgeräte zwar über OVP verfügten, bei denen das Feature jedoch nicht aktiviert war (Samra et al., 2025).

OVP verfolgt vier Ziele: 1) den Hörkomfort bei der Wahrnehmung der eigenen Stimme zu erhöhen, 2) die Verstärkung beim Sprechen so zu steuern, dass HörgeräteträgerInnen die Lautstärke ihrer eigenen Stimme nicht reduzieren und dadurch GesprächspartnerInnen benachteiligen, 3) die SNR-Messung auf einem validen Wert zu belassen, da diese durch die eigene Stimme nicht verfälscht wird. 4) Gesprächsbeteiligung zu validieren.

Mit der Einführung von Own Voice Processing^{AI} (OVP^{AI}) gehört das Training, das bei früheren

Generationen notwendig war, der Vergangenheit an. Bei Signia MaX wird die Erkennung der eigenen Stimme nun automatisch durch Acoustic Intelligence™ und insbesondere durch das Own Voice Detection DNN gesteuert. Dieses wurde mit einer großen Anzahl von Sprach- und Nicht-Sprachbeispielen trainiert, darunter sowohl die eigene Stimme der HörgeräteträgerInnen als auch die Sprache anderer GesprächspartnerInnen. Das DNN wurde mit dem Ausgang einer Reihe räumlicher Nahfeld-Filter trainiert, die zwischen der eigenen Stimme und externer Sprache von vorne unterscheiden. Dadurch kann das DNN zwischen der Stimme der HörgeräteträgerInnen und den Stimmen anderer Personen in unmittelbarer Nähe vor ihnen unterscheiden. Diese Filter sind Teil des in Abbildung 1 dargestellten Pre-Processing Blocks, der den Input für Acoustic Intelligence™ liefert. Bei GesprächspartnerInnen seitlich der HörgeräteträgerInnen sorgen räumliche Detektoren für den seitlichen Eingang dafür zu erkennen, dass die erfasste Sprache nicht von den HörgeräteträgerInnen selbst stammt.

Der in Abbildung 1 dargestellte Own Voice Processing^{AI} (OVP^{AI}) Block nutzt die Informationen von Acoustic Intelligence™, um die passende Verarbeitung des Signals der eigenen Stimme zu bestimmen. Das Signal der eigenen Stimme wird hauptsächlich im Fokus-Stream (vorne) der Zwei-Wege-Signalverarbeitung (Split Processing) erfasst. Daher hängt die gesamte Signalverarbeitung im Fokus-Stream davon ab, ob der/die HörgeräteträgerIn spricht oder nicht.

Wenn der/die HörgeräteträgerIn spricht, setzt eine einstellbare Dämpfung mit den Stellwerten -3, -6, -10 dB ein. Dadurch wird die eigene Stimme komfortabler, angenehmer und natürlicher wahrgenommen. Das Ausmaß der Verstärkungsreduktion und die Auswirkungen auf die zusätzliche adaptive Signalverarbeitung in den Hörgeräten hängen von der Situation ab, die durch Acoustic Intelligence™ sowie die weiteren in Abbildung 1 dargestellten Steuerungs- und Signalverarbeitungs-Features bestimmt wird. Dadurch kann sich Own Voice Processing^{AI} (OVP^{AI}) nahtlos an die jeweilige Situation anpassen.

Ambient Scene Adaptation^{AI}

Ambient Scene Adaptation^{AI} (ASA^{AI}) ermöglicht es MaX, sich an die Vielzahl unterschiedlicher akustischer Umgebungen anzupassen, denen HörgeräteträgerInnen begegnen. Gesteuert durch Acoustic IntelligenceTM analysiert ASA^{AI} kontinuierlich beispielsweise die spektralen, zeitlichen und räumlichen Eigenschaften des eingehenden Sounds, den Grad des Nachhalls sowie den Output des Bewegungssensors. Dadurch entsteht eine wesentlich differenziertere Interpretation der akustischen Umgebung, als dies mit herkömmlichen Klassifikatoren möglich ist.

Das übergeordnete Ziel von Ambient Scene Adaptation^{AI} (ASA^{AI}) ist es, eine ausbalancierte Klanglandschaft zu schaffen – unabhängig davon, ob es sich um Sprache, Musik oder andere Umgebungsgeräusche handelt. Es geht also nicht darum, Umgebungsgeräusche einfach abzusenken. Vielmehr geht es darum, die passende Balance zwischen verschiedenen Klängen zu finden – insbesondere zwischen dem Konversations-Stream und dem Umgebungs-Stream. Diese Balance wird durch den in Abbildung 1 dargestellten Block Ambient Sound Processing AI gesteuert.

Dynamic Noise Control^{AI}

Die auf der MaX Plattform implementierte Dynamic Noise Control^{AI} (DNC^{AI}) Technologie steuert die Verarbeitung von Umgebungsgeräuschen. Ein zentrales Element ist die Aufmerksamkeitskontrolle. Gesteuert durch Acoustic IntelligenceTM unterscheidet sie zwischen verschiedenen Arten von Hintergrundgeräuschen und passt die Signalverarbeitung so an, dass HörgeräteträgerInnen das für die jeweilige Situation passende Maß an Umgebungswahrnehmung erhalten – beispielsweise abhängig davon, ob Sprache vorhanden ist und ob es sich beim Hintergrundgeräusch um Verkehrslärm oder Sprachgewirr handelt.

Eine Möglichkeit zur Anpassung der Geräusche besteht darin, die Stärke des Effekts der Zwei-Wege-Signalverarbeitung (Split Processing) und der verschiedenen Streams zu steuern. So können beim Gehen auf einer belebten Straße mit Verkehr mehr Transparenz und weniger Geräuschreduktion ermöglicht werden – da die Wahrnehmung der Umgebung aus Sicherheitsgründen wichtig ist –

wichtiger als beispielsweise in einem Restaurant mit konkurrierendem Sprachgewirr im Hintergrund.

Acoustic IntelligenceTM wurde mit einer großen Vielfalt unterschiedlicher akustischer Situationen und Bedürfnisse von HörgeräteträgerInnen trainiert. Das Ausmaß der Geräuschkontrolle passt sich daher an die konkrete Situation und die jeweiligen Höranforderungen an. Dies wird schematisch in Abbildung 3 dargestellt, die die Effekte von Dynamic Noise Control^{AI} (DNC^{AI}) und der Aufmerksamkeitskontrolle zeigt. Die Abbildung veranschaulicht, wie der Zugang der HörgeräteträgerInnen zur Umgebung kontinuierlich angepasst wird und sich beim Wechsel von einer akustischen Situation in eine andere verändert. Im dargestellten Beispiel liest der/die HörgeräteträgerIn zunächst ein Buch in einem lauten Café. Er/sie führt kein Gespräch, möchte aber mit der akustischen Umgebung verbunden bleiben. Entsprechend bleiben im Vergleich zu einer omnidirektionalen Signalverarbeitung ohne Geräuschreduktion rund 40 % der Umgebungswahrnehmung erhalten.

Betrifft der/die HörgeräteträgerIn anschließend ein Restaurant und nimmt an einem Gruppengespräch teil, ist die Situation völlig anders – obwohl der Gesamtschallpegel dem im lauten Café entspricht. Acoustic IntelligenceTM erkennt gemeinsam mit der Konversationsanalyse 2.0 (von MBF^{AI}) die Umgebung, stellt fest, dass ein Gespräch stattfindet, und erkennt, dass der/die HörgeräteträgerIn aktiv daran teilnimmt.

Verlässt der/die HörgeräteträgerIn das Restaurant und setzt das Gespräch auf einer belebten Straße fort – bei einem ähnlichen Geräuschpegel wie im Café und Restaurant – erkennt Acoustic IntelligenceTM sowohl, dass ein Gespräch stattfindet und Sprache verstanden werden muss, als auch, dass sich der/die HörgeräteträgerIn im Straßenverkehr befindet und die Umgebung wahrnehmen muss. Entsprechend erhöht Dynamic Noise Control^{AI} (DNC^{AI}) den Zugang zu den Umgebungsgeräuschen von 10 % im Restaurant auf 25 %, wodurch mehr Umgebungsgeräusche hörbar werden. Gleichzeitig bleibt der Wert unter dem Niveau im Café, damit dem Gespräch weiterhin gefolgt werden kann.

Der in Abbildung 3 dargestellte Prozess findet kontinuierlich und in allen Arten von Umgebungen statt. Acoustic Intelligence™ überwacht permanent die akustische Umgebung und liefert die Informationen und Entscheidungen, die erforderlich sind, um sich bei Veränderungen der Situation an die Bedürfnisse der HörgeräteträgerInnen anzupassen.

Was die Forschung zeigt

Nach der Einführung in die MaX Plattform, Acoustic Intelligence™ und in die vier zentralen Signalverarbeitungs-Technologien stellen wir nun eine technische Studie vor, die die Performance von MaX im wichtigsten Zielszenario untersucht: einem Gruppengespräch im Geräusch. Diese Studie konzentrierte sich ausschließlich auf die technische Performance. Die Performance von HörgeräteträgerInnen mit MaX wurde in separaten Studien untersucht, über die Jensen et al. (2026) und Korhonen et al. (2026) berichten. Siehe hierzu auch den Abschnitt Diskussion in diesem White Paper. Um die Sprachverarbeitung von MaX in einer komplexen und anspruchsvollen Gruppengesprächssituation mit konkurrierenden Geräuschen zu untersuchen, wurde eine neue Reihe technischer Messungen entworfen. Diese wurden in einem im Labor simulierten Gesprächsszenario durchgeführt. Mit dem etablierten Hagerman-Verfahren (Hagerman & Olofsson, 2004) wurde der von MaX erzielte Ausgangs-SNR im Vergleich zu Signia IX und vier wichtigen Wettbewerbern untersucht. Dabei wurden die Hörgeräte in einem Gruppengespräch mit Geräuschen und wechselnden GesprächspartnerInnen getestet. Dieses Gruppengespräch wurde in einem Labor über ein Lautsprecher-Setup simuliert.

Methode

Die Testmethodik ist mit der in früheren Untersuchungen verwendeten Methodik vergleichbar, aber nicht gleichzusetzen, da sowohl Pegel als auch Referenzlinien abweichen (z. B. Jensen et al., 2024b). Wie es funktioniert: Wird dem zu testenden Hörgerät eine Mischung aus Sprache und Geräusch präsentiert und das kombinierte Signal (Sprache und Geräusch) am Ausgang des Hörgeräts mit und ohne Phaseninvertierung der Eingangssignale

aufgezeichnet, ermöglicht das Hagerman-Verfahren eine getrennte Erfassung der verarbeiteten Sprache und des verarbeiteten Geräuschs. Durch die Mittelung der jeweils isolierten Sprachsignale und Geräusche lässt sich der tatsächliche Ausgangs-SNR, den HörgeräteträgerInnen in dieser akustischen Umgebung erleben würden, präzise bestimmen.

Das in Abbildung 3 dargestellte Mess-Setup wurde in einem schallgedämpften Raum aufgebaut und umfasste einen KEMAR in der Mitte des Setups sowie vier Lautsprecher in einem Abstand von 1 m. Abschnitte des International Speech Test Signal (ISTS; Holube et al., 2010) wurden abwechselnd über zwei Lautsprecher bei 0° und 315° Azimut wiedergegeben, um den Sprecherwechsel in einem Gespräch zu simulieren. Der Pegel betrug 75 dB(A), gemessen an der Position zwischen den KEMAR Ohren ohne KEMAR. Gleichzeitig wurde über zwei Lautsprecher bei 135° und 225° Azimut ein Hintergrundgeräusch wiedergegeben, das aus einer Aufnahme in einer belebten Cafeteria gemischt mit rosa Rauschen bestand. Die Messungen wurden bei zwei unterschiedlichen Hintergrundgeräuschpegeln von 75 dB(A) bzw. 70 dB(A) durchgeführt. Daraus ergaben sich für die Testumgebung Eingangs-SNRs von 0 dB und +5 dB.

Zur Bestimmung des Ausgangs-SNR wurden die Hörgeräte an den KEMAR Ohren angebracht. Anschließend wurde eine Reihe von Aufnahmen mit und ohne Phaseninvertierung der verschiedenen Eingangssignale erstellt. Durch Anwendung der Phaseninvertierungs-Technik auf die Aufnahmen konnten die jeweils verarbeiteten Sprachsignale und Geräusche am Ausgang der Hörgeräte bestimmt werden, also so, wie sie im KEMAR Ohr gemessen wurden.

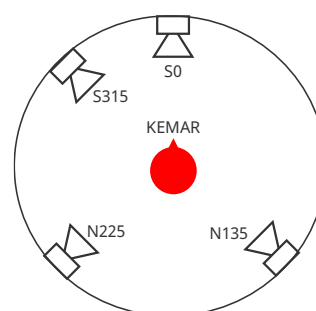


Abbildung 3. Test-Setup für die Ausgangs-SNR-Messungen. Die Sprachsignale (S) wurden abwechselnd über die beiden

Lautsprecher in der vorderen Hemisphäre wiedergegeben, während kontinuierliche Geräuschsignale (N) über zwei Lautsprecher in der hinteren Hemisphäre abgespielt wurden. Die von den Hörgeräten verarbeiteten Signale wurden in den KEMAR Ohren mit und ohne Phaseninvertierung der Eingangssignale aufgezeichnet. Anschließend wurde mit dem Hagerman-Verfahren der kombinierte Output der Sprachsignale (S0 + S315) und der Geräuschsignale (N135 + N225) bestimmt.

In den Messungen wurde ein Gesprächsszenario simuliert, indem das Sprachsignal abwechselnd über die beiden Lautsprecher wiedergegeben wurde. Das Signal wurde jeweils 10 Sekunden aus einer Richtung präsentiert, bevor zur anderen Richtung gewechselt wurde. Jede Aufnahme umfasste zwei Abschnitte pro Richtung und dauerte insgesamt 40 Sekunden. Vor Beginn der Aufnahme wurden die Soundsignale aller vier Lautsprecher 80 Sekunden lang wiedergegeben, damit sich alle Hörgeräte auf die Situation einstellen konnten.

Das Ergebnis der Analyse für jedes Hörgerätepaar ist der über die gesamte Auswertungszeit gemittelte Ausgangs-SNR. Da im Test-Setup Sprache von vorne und von der linken Seite des KEMAR präsentiert wurde, zeigen wir den Ausgangs-SNR des linken Hörgeräts. Dieser ist aufgrund des Better-Ear-Effekts für das Sprachverstehen am relevantesten. In der Analyse wurde der Gesamt-SNR des Gesprächs als $(S0+S315)/(N135+N225)$ berechnet. Bei der Darstellung der Ergebnisse wird eine Gewichtung anhand des Speech Intelligibility Index (SII) (American National Standards Institute, 2024) angewendet, um die für das Sprachverstehen wichtigsten Frequenzen stärker zu gewichten.

Hörgeräte

Im Test wurde Signia Pure C&G MaX mit Signia Pure C&G IX sowie RIC Hörgeräten von vier wichtigen Wettbewerbern (Marke A–D) verglichen. Zum Zeitpunkt der Messung handelte es sich dabei jeweils um die neuesten Premium-RIC-Hörgeräte der jeweiligen Hersteller.

Für die Messungen wurden alle Hörgeräte auf einen symmetrischen, mittelgradigen und abfallenden Hörverlust programmiert (nahe am N3 Hörverlust, Bisgaard et al., 2010). Dabei wurden die Standardeinstellungen verwendet, die von der jeweils empfohlenen herstellereigenen Anpassformel vorgegeben wurden. Mit einer Ausnahme wurden alle

Hörgeräte in ihrem Universalprogramm getestet. Die Ausnahme war Marke D, die in ihrem Universalprogramm keine DNN-basierte Geräuschreduktion bot, sondern nur in einem separaten manuellen Sprache-im-Geräusch-Programm. Da die anderen Wettbewerber-Hörgeräte im Universalprogramm automatisch zur DNN-basierten Geräuschreduktion wechseln konnten, wurde Marke D im speziellen Sprache-im-Geräusch-Programm getestet, in dem die DNN-Geräuschreduktion dauerhaft aktiviert war. Marke D wurde zusätzlich im Universalprogramm gemessen. Da die Performance dort jedoch schlechter war, wird nur das Ergebnis des manuellen Programms mit DNN-Geräuschreduktion dargestellt.

Um eine valide Anwendung der Phaseninvertierungstechnik sicherzustellen, wurden Features, die die Signalphase beeinflussen (Feedback Cancellation und Frequency Compression), bei allen Hörgeräten deaktiviert. Die Hörgeräte wurden mit geschlossenen Eartips an den KEMAR Ohren angebracht.

Als Referenzlinie wurden zusätzlich Aufnahmen mit den offenen, unversorgten KEMAR Ohren durchgeführt. Die Ergebnisse werden daher als SNR-Verbesserung relativ zum SNR dargestellt, der mit dem offenen KEMAR Ohr gemessen wurde.

Ergebnisse

Die Verbesserung des Konversations-SNR für jedes Hörgerät im Vergleich zum SNR im unversorgten KEMAR Ohr ist im Balkendiagramm in Abbildung 4 dargestellt. Die Ergebnisse für einen Eingangs-SNR von 0 dB sind im unteren Teil dargestellt, die Ergebnisse für einen Eingangs-SNR von +5 dB im oberen Teil. Abbildung 4 zeigt, dass alle Hörgeräte gegenüber dem unversorgten Hören einen SNR-Vorteil boten, erkennbar an den durchweg positiven Werten. Gleichzeitig zeigten sich deutliche Performance-Unterschiede zwischen den Hörgeräten. Bei beiden Eingangs-SNRs bot Signia MaX den größten SNR-Vorteil mit 10,5 dB bzw. 9,3 dB.

In diesen simulierten Gruppengesprächsszenarien lag die Performance von MaX zwischen 0,8 dB und 1,3 dB über der Performance von Signia IX. Bei 0 dB Eingangs-SNR war die MaX Performance 2 dB besser als beim besten Wettbewerber (Marke A).

Bei +5 dB Eingangs-SNR betrug der MaX Vorteil gegenüber dem besten Wettbewerber (erneut Marke A) 3,1 dB. Zwei weitere Wettbewerber (Marke B und Marke C) lagen bei 0 dB Eingangs-SNR rund 3 dB bzw. 4 dB unter MaX. Bei +5 dB Eingangs-SNR lagen beide 3,5 dB unter MaX. Marke D blieb bei beiden Eingangs-SNR hinter den anderen Marken zurück und erreichte in diesen Szenarien SNR-Verbesserungen von lediglich 5,5 dB bzw. 3,4 dB. Damit lag die Performance rund 5 dB bzw. 6 dB unter der von MaX.

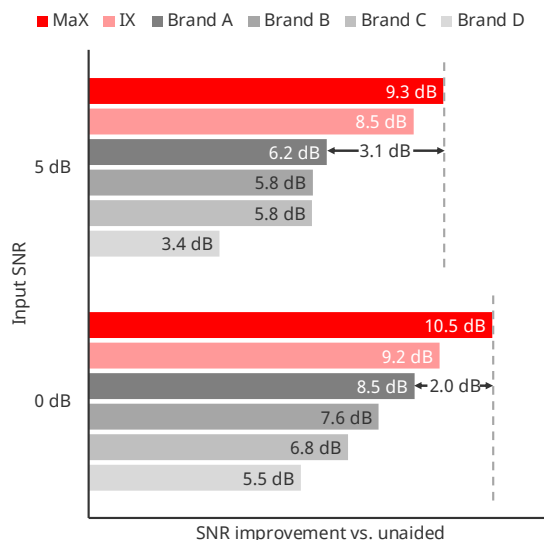


Abbildung 4. SII-gewichtete Verbesserung des Konversations-SNR bei Eingangs-SNR von 0 dB und +5 dB im Vergleich zum unversorgten KEMAR, gemessen im linken Ohr über die beiden Sprecherpositionen für Signia MaX, Signia IX und vier RIC Hörgeräte von Wettbewerbern. Alle Hörgeräte wurden in ihrem standardmäßigen Universalprogramm gemessen, mit Ausnahme von Marke D, die in einem manuellen Programm mit aktivierter DNN-Geräuschreduktion gemessen wurde.

Das Gesamtergebnis zeigte bei beiden Input-SNRs das gleiche Muster. MaX erzielte die beste Performance mit einem deutlichen Abstand zu IX, das wiederum einen ebenso deutlichen Abstand zu den Wettbewerbern zeigte. Die Wettbewerber lagen bei beiden Eingangs-SNRs in der gleichen Reihenfolge, auch wenn es kleinere Unterschiede in der Größe der Abstände gab. Alle Hörgeräte erzielten ihre größte SNR-Verbesserung beim niedrigeren Eingangs-SNR von 0 dB.

Die deutlichen SNR-Effekte von MaX im simulierten Gruppengesprächsszenario lassen sich direkt mit den Effekten von Acoustic Intelligence™ und insbesondere MBF^{AI} mit seinen neuen KI-gesteuerten Features in Verbindung bringen. Diese Weiterentwicklungen bieten nicht

nur einen klaren Vorteil gegenüber der Vorgängerplattform IX. Sie bieten auch deutliche Vorteile gegenüber den Wettbewerbern und zeigen damit den Vorteil der systemischen Intelligenz und des Multi-Stream Processing von MaX gegenüber der funktionsbasierten Intelligenz der Wettbewerber.

Teil II: Zusätzliche neue MaX Signalverarbeitungs-Features

Die MaX Plattform führt darüber hinaus weitere neuentwickelte Funktionen in der Signalverarbeitung ein, die nicht direkt von Acoustic Intelligence™ abhängig sind, aber dennoch wesentlich dazu beitragen, das Hörerlebnis – insbesondere die Verarbeitung von Sprache – in allen Arten von Situationen zu optimieren. Zu den neuentwickelten Funktionen gehören eWindScreen 2.0 und SoundSmoothing 2.0, die die Windgeräuschverarbeitung und den Schutz vor impulsartigen Geräuschen von MaX auf ein neues Niveau heben. In den folgenden Abschnitten beschreiben wir diese Funktionen kurz und stellen die Ergebnisse technischer Messungen vor, die ihre Performance-Vorteile zeigen. Darüber hinaus erläutern wir kurz die neue MaX-Fit Anpassformel.

SoundSmoothing 2.0

Die meisten HörgeräteträgerInnen empfinden impulsartige Geräusche als störend und unangenehm. Ihre Verarbeitung in Hörgeräten ist daher ebenso wichtig wie die Verarbeitung von gleichmäßigen Geräuschen (Hernandez et al., 2006). Die MaX Plattform umfasst SoundSmoothing 2.0, das die Verarbeitung impulsartiger Geräusche hinsichtlich Lokalisation und Dämpfung gegenüber den von früheren Plattformen bekannten Funktionen deutlich verbessert.

Hierfür nutzt e2e 5.0 die Kommunikation zwischen den Hörgeräten und einen neuen schnellen Datenkanal mit geringer Latenz. Dieser ermöglicht eine binaurale Synchronisation der Verarbeitung impulsartiger Geräusche in beiden Hörgeräten – sowohl bei der Erkennung als auch bei der Absenkung. Dadurch bleiben die interauralen Pegeldifferenzen (ILDs) stabiler erhalten und HörgeräteträgerInnen können impulsartige Geräusche besser lokalisieren. Tests zeigen, dass SoundSmoothing 2.0 den durch ILD-

Schwankungen verursachten RMS-Lokalisierungsfehler gegenüber seinem Vorgänger um rund 30 % reduzieren kann. Dies ermöglicht eine präzisere Lokalisation impulsartiger Geräusche, insbesondere im Hochfrequenzbereich. Wichtig ist: Nicht nur impulsartige Geräusche werden stabiler wahrgenommen. Durch die Synchronisation bleiben auch andere Signale während impulsartiger Geräusche stabiler.

Die schnelle binaurale Kommunikation zwischen den Hörgeräten ermöglicht im Wesentlichen eine Art Vorausschau-Funktion. Wird ein impulsartiges Geräusch am Eingang eines Hörgeräts erkannt, überträgt die Kommunikation zwischen den Hörgeräten – die schneller als die Verarbeitungszeit der Filterbank ist – diese Information an die Ausgangs-Stufen beider Hörgeräte. Dadurch werden die Ausgangs-Stufen darauf vorbereitet, das gesamte impulsartige Geräusch effektiv abzusenken.

Um zu untersuchen, wie SoundSmoothing 2.0 die Fähigkeit von MaX beeinflusst, Sprache beim Auftreten impulsartiger Geräusche zu erhalten, wurde im Labor eine Reihe technischer Messungen durchgeführt. Die Testhörgeräte wurden dafür an den Ohren eines KEMAR angebracht. Eine Aufnahme eines kontinuierlichen Dialogs wurde über einen Lautsprecher bei 60° Azimut mit 57 dB(A) wiedergegeben. Gleichzeitig wurden Aufnahmen verschiedener impulsartiger Geräusche – beispielsweise das Geräusch eines Messers auf einem Tisch oder einer Tasse auf einem Teller – über einen Lautsprecher bei 300° Azimut mit einem durchschnittlichen Pegel von 64 dB(A) und Spitzenwerten von über 80 dB(A) wiedergegeben. Die Outputs der Hörgeräte wurden in den KEMAR Ohren aufgezeichnet. Durch Aufnahmen mit und ohne Phaseninvertierung der Sprach- und Geräuschsignale konnte mit dem zuvor beschriebenen Hagerman-Verfahren das jeweils verarbeitete Sprachsignal und das impulsartige Geräusch isoliert werden.

Gemessen wurden Signia Pure C&G MaX, Signia Pure Charge&Go IX sowie die zum Zeitpunkt der Messung neuesten Premium-RIC-Hörgeräte von vier Wettbewerbern (Marke A–D). Alle Hörgeräte wurden mit den herstellereigenen Anpassformeln auf denselben mittelgradigen, abfallenden Hörverlust programmiert (nahe am N3 Hörverlust, Bisgaard et al., 2010). Features, die

die Signalphase beeinflussen könnten, wurden deaktiviert. Alle anderen adaptiven Features – einschließlich der Features zur Verarbeitung impulsartiger Geräusche – blieben in ihren Standardeinstellungen aktiviert.

Die Ergebnisse der Messungen sind in Abbildung 5 dargestellt. Das Balkendiagramm zeigt die breitbandige Absenkung der impulsartigen Geräusche relativ zum Dialog, gemittelt über alle aufgezeichneten impulsartigen Geräusche sowie über das linke und rechte Ohr. Die Werte sind auf das Ergebnis des offenen KEMAR Ohrs normiert. Der für MaX ermittelte Wert von –12,5 dB bedeutet somit, dass das Verhältnis zwischen impulsartigem Geräusch und Sprache 12,5 dB niedriger ist als bei der unversorgten Messung. Die Reduktion des Verhältnisses von impulsartigem Geräusch zu Sprache – beziehungsweise die Erhöhung des Verhältnisses von Sprache zu impulsartigem Geräusch – zeigt, wie viel besser Sprache beim Auftreten impulsartiger Geräusche erhalten bleibt.

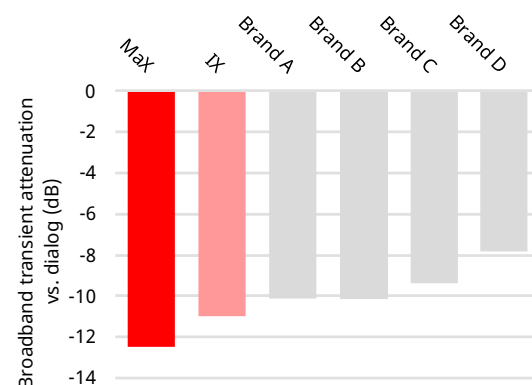


Abbildung 5. Breitbandige Absenkung des Verhältnisses von impulsartigen Geräuschen zu Sprache, gemittelt über verschiedene Arten impulsartiger Geräusche. Die Absenkung ist relativ zum Verhältnis von impulsartigen Geräuschen zu Sprache im offenen KEMAR Ohr dargestellt. Niedrigere (stärker negative) Werte zeigen eine stärkere Absenkung.

Die Ergebnisse in Abbildung 5 zeigen, dass Signia MaX die stärkste relative Absenkung impulsartiger Geräusche bietet. Signia MaX reduziert das Verhältnis von impulsartigen Geräuschen zu Sprache gegenüber dem offenen KEMAR Ohr um 12,5 dB. SoundSmoothing 2.0 bietet dabei einen deutlichen Vorteil von 1,5 dB gegenüber Signia IX. Im Vergleich zu den vier Wettbewerbern ist der Vorteil noch größer und reicht von 2,4 dB (Marke A) bis 4,7 dB (Marke D). Eine zusätzliche Absenkung impulsartiger Geräusche relativ zur Sprache um 2,4 dB entspricht einer Reduktion des Intensitätsverhältnisses zwischen impulsartigen Geräuschen und Sprache um 42 %. Eine Absenkung um 4,7 dB entspricht einer Reduktion des Intensitätsverhältnisses um 66 %. Damit bietet MaX im Vergleich zu den Wettbewerbern einen überlegenen Erhalt von Sprache beim Auftreten impulsartiger Geräusche.

eWindScreen 2.0

Die MaX Plattform bietet auch beim Schutz von HörgeräteträgerInnen vor Windgeräuschen ein deutliches Update – ohne dabei die Sprachwahrnehmung zu beeinträchtigen.

Das neuentwickelte eWindScreen 2.0 ermöglicht die Erkennung und Absenkung von Windgeräuschen in jedem der ersten 16 Verarbeitungskanäle, die den von Windgeräuschen betroffenen Frequenzbereich abdecken. Dies ist ein deutlicher Fortschritt gegenüber der breitbandigen Erkennung der vorherigen Version. Darüber hinaus wird die Performance von eWindScreen 2.0 durch ein saubereres Eingangs-Signal verbessert: Das System wechselt adaptiv zu dem Mikrofon mit dem geringsten Windgeräusch – von den zwei Mikrofonen, die in jedem Hörgerät zur Verfügung stehen. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn der Wind aus wechselnden Richtungen kommt.

Zusammen ermöglichen diese Weiterentwicklungen eine stärkere, präzisere und stabilere Absenkung von Windgeräuschen. Dadurch bleiben die Qualität der Zielsignale und – wenn Sprache vorhanden ist – die für das Sprachverstehen wichtigen Sprachhinweise besser erhalten. Dies wirkt sich in allen Arten von Windsituationen positiv aus, insbesondere bei Gesprächen im Wind.

In einem objektiven Windkanaltest untersuchten wir die Fähigkeit von eWindScreen 2.0,

Windgeräusche zu verarbeiten und gleichzeitig Sprache zu erhalten. Signia IX und die vorherige Version von eWindScreen dienten bei diesen Messungen als Referenz.

Im Test wurden die Hörgeräte an den Ohren eines KEMAR angebracht, der direkt auf einen Windkanal ausgerichtet war. Dieser erzeugte eine konstante Windgeschwindigkeit von 5 m/s, entsprechend einer mäßigen Brise. Gleichzeitig wurde Sprache eines männlichen Sprechers über einen Lautsprecher auf der linken Seite des KEMAR bei 315° Azimut und einem Pegel von 70 dB SPL wiedergegeben. Die verarbeiteten kombinierten Sounds aus Sprache und Windgeräusch wurden im linken, besseren Ohr des KEMAR aufgezeichnet.

Das Hagerman-Phaseninvertierungs-Verfahren wurde angewendet, um die isolierten Windgeräuschsignale am Ausgang der Hörgeräte zu bestimmen. Dazu wurden zwei Aufnahmen erstellt, eine mit und eine ohne Phaseninvertierung des Sprachsignals. Durch Addition der beiden Aufnahmen konnte die Sprache eliminiert und so das Langzeitspektrum und der Pegel des verarbeiteten Windgeräusches berechnet werden. Da Windgeräusche akustisch nicht reproduzierbar sind, konnte zur Bestimmung des Sprachsignals kein vergleichbares Hagerman-Phaseninvertierungs-Verfahren verwendet werden. Stattdessen wurden 256 unabhängige Aufnahmen erstellt. Durch die Mittelung aller Aufnahmen – unter der Annahme, dass die zufälligen Windgeräusch-Samples voneinander unabhängig sind – konnte das Windgeräusch so weit herausgemittelt werden, dass eine präzise Bestimmung des verarbeiteten Sprachsignals möglich war.

Für die Messungen wurden beide Testhörgeräte mit den herstellereigenen Anpassformeln auf einen flachen Hörverlust von 50 dB HL programmiert. Die Messungen mit beiden Hörgeräten wurden in zwei Einstellungen durchgeführt: mit aktiviertem eWindScreen in der standardmäßigen mittleren Einstellung und mit deaktiviertem eWindScreen. Dadurch konnten für beide Hörgeräte sowohl die Verbesserung des Ausgangs-SNR als auch das Ausmaß der Windgeräuschreduktion bestimmt werden. Beide Ergebnisse wurden in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen. Anschließend wurde eine Gewichtung anhand des Speech Intelligibility Index (SII; American National Standards Institute,

2024) angewendet, um jeweils einen Wert für die Gesamtpformance zu erhalten.

Die SII-gewichteten SNR-Verbesserungen und Geräuschreduktionen sind in Abbildung 6 dargestellt. Die Länge der roten bzw. grauen Balken zeigt die SNR-Verbesserung bzw. das Ausmaß der Geräuschreduktion. Stärker negative Werte der grauen Balken zeigen somit eine stärkere Geräuschreduktion.

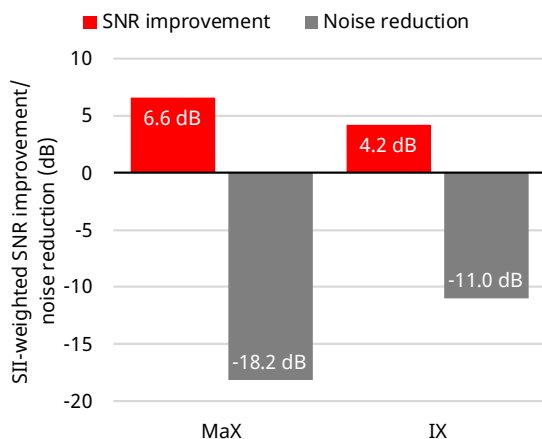


Abbildung 6. SII-gewichtete SNR-Verbesserung (rote Balken) und Geräuschreduktion (graue Balken) für Signia MaX (eWindScreen 2.0) und Signia IX (eWindScreen). Bei den roten Balken sind höhere Werte besser und zeigen eine stärkere SNR-Verbesserung. Bei den grauen Balken sind niedrigere Werte besser und zeigen eine stärkere Geräuschreduktion.

Abbildung 6 zeigt, dass MaX eine SNR-Verbesserung von 6,6 dB bietet, verglichen mit 4,2 dB bei IX – jeweils im Vergleich zum deaktivierten Feature. Damit verbessert MaX das Verhältnis von Sprache zu Windgeräusch gegenüber IX um 2,4 dB. Dies entspricht einer Verbesserung des Intensitätsverhältnisses zwischen Sprache und Windgeräusch um 74 %.

Die Abbildung zeigt außerdem, dass MaX das Windgeräusch um 18,2 dB reduziert, während die Reduktion bei IX 11,0 dB beträgt. Daraus ergibt sich für MaX ein Vorteil von 7,2 dB gegenüber IX.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass MaX durch die Reduktion des Windgeräuschpegels um 18,2 dB einen deutlichen Komfort bietet und gleichzeitig den SNR erheblich verbessert. MaX bietet damit einen stärkeren Schutz vor Windgeräuschen und erhält Sprache gleichzeitig besser – sowohl im Vergleich zum deaktivierten Feature als auch zur vorherigen, in IX

implementierten Version. Dies leistet einen wichtigen Beitrag zum übergeordneten Ziel von MaX, die Verarbeitung von Sprache im Geräusch zu verbessern und Gespräche überall zu unterstützen – auch im Freien bei Wind.

MaX-Fit Anpassformel

Beim Einschalten ihrer Signia MaX Hörgeräte erleben HörgeräteträgerInnen nicht nur die Effekte von Acoustic Intelligence™ und der Vielzahl KI-gesteuerter Signalverarbeitungs-Technologien, die in Teil I dieses White Papers beschrieben wurden. Die Grundlage für die gesamte Signalverarbeitung bildet die neue Anpassformel MaX-Fit.

MaX-Fit wurde speziell für die MaX Plattform entwickelt und kombiniert optimierte Zielkurven für ein kristallklares, natürliches und kompromissloses Klangerlebnis. Da Own Voice Processing^{AI} (OVP^{AI}) beispielsweise jetzt automatisch für alle HörgeräteträgerInnen verfügbar ist, entfällt der bisherige Kompromiss bei der Anpassung. MaX-Fit kann dadurch die optimale Verstärkung für externe Sprache und andere Sounds vorgeben und gleichzeitig die eigene Stimme auf einem angenehmen Lautstärkeniveau halten. Dies leistet einen wichtigen Beitrag zur Sprachverarbeitung von MaX, die sowohl in ruhigen als auch in lauten Umgebungen eine klare Sprachwahrnehmung ermöglichen soll.

Darüber hinaus umfasst MaX-Fit aktualisierte Simulationsmethoden für eine bessere Match-to-Target Performance. Durch eine bessere Übereinstimmung zwischen der vorgegebenen und der tatsächlichen Real-Ear Insertion Gain stellt MaX nicht nur sicher, dass HörgeräteträgerInnen die vorgesehene Verstärkung und das gewünschte Klangerlebnis erhalten, sondern vereinfacht auch In-situ-Anpassungen.

Diskussion

In diesem White Paper haben wir die Signia MaX Plattform mit Acoustic Intelligence™ vorgestellt, die KI-gesteuerte systemische Intelligenz in Hörgeräte bringt. Die Einführung der weltweit ersten Hörgeräte mit vier DNNs, die unterschiedliche Aufgaben erfüllen und auf unterschiedliche Weise trainiert wurden, gleichzeitig aber miteinander verbunden sind und

als intelligenter Kern des Systems zusammenarbeiten, markiert einen völlig neuen Ansatz für den Einsatz von KI in Hörgeräten.

Acoustic Intelligence™ ermöglicht Signia MaX, den Fokus auf eine Stärke zu legen, die für Signia eine zentrale Bedeutung hat: Menschen ermöglichen brillant zu hören – in allen Arten von Umgebungen. Insbesondere Acoustic Intelligence™ und die Steuerung der vier zentralen Signalverarbeitungs-Technologien von MaX verbessern die Performance bei Gruppengesprächen mit Geräuschen. Dies wurde durch die technischen Messungen des Ausgangs-SNR in einem im Labor simulierten Gruppengespräch mit Geräuschen deutlich gezeigt. Die Ergebnisse zeigten eine überlegene SNR-Performance von MaX – sowohl gegenüber der vorherigen Signia IX Plattform als auch gegenüber den neuesten RIC Hörgeräten von vier wichtigen Wettbewerbern. Bei zwei unterschiedlichen Eingangs-SNRs von 0 dB und +5 dB zeigte sich das gleiche Gesamtmuster. Diese SNRs decken einen Bereich ab, dem viele HörgeräteträgerInnen in ihrem Alltag begegnen (Smeds et al., 2015) und in dem es ihnen häufig schwerfällt, einem Gespräch zu folgen. Hier benötigen sie die bestmögliche Unterstützung durch ihre Hörgeräte.

Dass auch Signia IX eine bessere Performance als die Wettbewerber zeigte, unterstreicht erneut die solide Grundlage, die bereits mit der Zwei-Wege-Signalverarbeitung und dem Multi-Beamformer von IX geschaffen wurde. Signia MaX ergänzt diese Grundlage um die Effekte von Acoustic Intelligence™.

Auch wenn eine Verbesserung des SNR häufig mit einem besseren Sprachverstehen verbunden ist, lässt sich aus der gemessenen Verbesserung des Ausgangs-SNR allein nicht schließen, dass MaX ein besseres Sprachverstehen ermöglicht. Denn das Sprachverstehen wird neben dem SNR auch von weiteren Faktoren beeinflusst. Um Aussagen zum Sprachverstehen treffen zu können, sind daher Studien mit HörgeräteträgerInnen erforderlich.

Um solche Aussagen treffen zu können, wurden zwei Studien mit HörgeräteträgerInnen durchgeführt, die das Sprachverstehen in im Labor simulierten Gruppengesprächen mit Geräusch untersuchten. Eine Studie wurde bei den ORCA Labs in Chicago, USA, durchgeführt, die andere am Hörzentrum Oldenburg in

Deutschland. Beide Studien verglichen Signia MaX mit Signia IX sowie mit zwei der vier Wettbewerber aus den in diesem White Paper vorgestellten SNR-Messungen, darunter auch der Wettbewerber mit der besten Performance. In beiden Studien wurde ein Sprachtest durchgeführt, der ein Gruppengespräch mit Geräusch und mit wechselnden GesprächspartnerInnen simulierte. Obwohl sich die verwendeten Methoden zwischen den beiden Studien unterschieden, kamen beide zum gleichen Ergebnis: Signia MaX ermöglichte in dem simulierten Gruppengespräch mit Geräusch ein signifikant besseres Sprachverstehen als Signia IX und die in den Studien untersuchten Wettbewerber. Damit zeigten die Studien, dass sich die in diesem White Paper dargestellten SNR-Verbesserungen tatsächlich positiv auf das Sprachverstehen in einem Gruppengespräch auswirken. Weitere Details zu den beiden Studien finden sich bei Korhonen et al. (2026) und Jensen et al. (2026).

Zusammen zeigen die Ergebnisse der technischen SNR-Messungen und der Studien mit HörgeräteträgerInnen die Vorteile von MaX bei Gruppengesprächen mit Geräuschen. Die beobachteten Verbesserungen des SNR und des Sprachverstehens gegenüber IX und den Wettbewerbern lassen sich direkt mit den Effekten von Acoustic Intelligence™ und der KI-gesteuerten Signalverarbeitung von MaX in Verbindung bringen.

Neben den Effekten von Acoustic Intelligence™ wurden in diesem White Paper auch Ergebnisse zu neuen MaX Signalverarbeitungs-Features vorgestellt, die nicht direkt von Acoustic Intelligence™ abhängig sind. Die technischen Studien zu SoundSmoothing 2.0 und eWindScreen 2.0 zeigen das Potenzial dieser Features, den Komfort für HörgeräteträgerInnen durch die effektive Erkennung und Reduktion impulsartiger Geräusche und Windgeräusche zu erhöhen. Ebenso wichtig ist, dass die Ergebnisse beider Features zeigen, das Ziel von MaX besteht nicht nur darin, Geräusche zu reduzieren, sondern gleichzeitig Sprache zu erhalten. Dies zeigen die Reduktion des Verhältnisses von impulsartigen Geräuschen zu Sprache in den SoundSmoothing 2.0 Messungen und die Verbesserung des SNR in den eWindScreen 2.0 Messungen. Diese Effekte leisten einen wichtigen Beitrag zum übergeordneten Ziel von Signia MaX,

HörgeräteträgerInnen in allen Arten von akustischen Umgebungen eine optimale Balance zwischen Sprache und Geräuschen zu bieten.

Zusammenfassung

Mit der Einführung systemischer Intelligenz bietet Signia MaX mit Acoustic Intelligence™ einen völlig neuen und ganzheitlichen Ansatz für die KI-gesteuerte Signalverarbeitung in Hörgeräten. Dadurch kann der Sound für den gesamten Moment optimiert werden – nicht nur das Geräusch. Gesteuert durch vier unterschiedliche, aber eng miteinander vernetzte DNNs unterstützen Acoustic Intelligence™ und die vier zentralen Technologien MaX HörgeräteträgerInnen in allen Arten von Hör- und Kommunikationssituationen noch besser – einschließlich anspruchsvoller Gruppengespräche mit Geräuschen.

Im Vergleich zu Signia IX und vier wichtigen Wettbewerbern zeigte eine technische Studie, dass Signia MaX sowohl IX als auch alle Wettbewerber bei der Verbesserung des SNR in Gruppengesprächen mit Geräuschen übertrifft. Bei einem Eingangs-SNR von +5 dB erreichte MaX gegenüber dem besten Wettbewerber einen SNR-Vorteil von 3,1 dB. Auch Signia IX zeigte eine bessere Performance als alle vier Wettbewerber und unterstreicht damit die Stärke des Multi-Stream Processing.

Gerade noch etwas entdeckt. Die Bezifferung der Abbildungen Technische Studien zu den weiterentwickelten Features SoundSmoothing 2.0 und eWindScreen 2.0 zeigten, dass MaX HörgeräteträgerInnen vor unerwünschten Geräuschen schützen kann, ohne dabei Sprache zu beeinträchtigen. SoundSmoothing 2.0 reduzierte das Verhältnis von impulsartigen Geräuschen zu Sprache um bis zu 4,7 dB stärker als die Wettbewerber. Dies entspricht einer Reduktion des Intensitätsverhältnisses zwischen impulsartigen Geräuschen und Sprache um 66 %. eWindScreen 2.0 verbesserte das Verhältnis von Sprache zu Windgeräusch gegenüber Signia IX um 2,4 dB. Dies entspricht einer Verbesserung des Intensitätsverhältnisses zwischen Sprache und Windgeräusch um 74 %.

Zusammen zeigen die in diesem White Paper vorgestellten technischen Messungen die Überlegenheit von Signia MaX bei der Verarbeitung von Sprache mit Geräuschen.

Literaturverzeichnis

American National Standards Institute (2024). Methods for calculation of the speech intelligibility index (ANSI/ASA S3.5-1997 (R2024)). Acoustical Society of America.

Andersen, A. H., Santurette, S., Pedersen, M. S., Alickovic, E., Fiedler, L., Jensen, J., & Behrens, T. (2021). Creating Clarity in Noisy Environments by Using Deep Learning in Hearing Aids. *Seminars in Hearing*, 42(3), 260-281. DOI: 10.1055/s-0041-1735134.

Ashkanichenarlogh, V., Folkeard, P., Scollie, S., Kühnel, V., & Parsa, V. (2025). Objective Evaluation of a Deep Learning-Based Noise Reduction Algorithm for Hearing Aids Under Diverse Fitting and Listening Conditions. *Trends in Hearing*, 29, 23312165251396644. DOI: 10.1177/23312165251396644.

Bisgaard, N., Vlaming, M. S., & Dahlquist, M. (2010). Standard audiograms for the IEC 60118-15 measurement procedure. *Trends in Amplification*, 14(2), 113-120. DOI: 10.1177/1084713810379609.

Fitzgerald, M. B., Athreya, V. M., Srour, M., Rejimon, J. P., Venkitakrishnan, S., Bhowmik, A. K., Jackler, R. K., Steenerson, K. K., & Fabry, D. A. (2025). Effectiveness of deep neural networks in hearing aids for improving signal-to-noise ratio, speech recognition, and listener preference in background noise. *Frontiers in Audiology and Otology*, 3, 1677482. DOI: 10.3389/fauot.2025.1677482.

Folkeard, P., Jensen, N. S., Kamkar Parsi, H., Bilert, S., & Scollie, S. (2024). Hearing at the Mall: Multibeam Processing Technology Improves Hearing Group Conversations in a Real-World Food Court Environment. *American Journal of Audiology*, 33, 782-792. DOI: 10.1044/2024_AJA-24-00027.

Hagerman, B., & Olofsson, Å. (2004). A method to measure the effect of noise reduction algorithms using simultaneous speech and noise. *Acta Acustica United with Acustica*, 90(2), 356-361.

Hernandez, A. R., Chalupper, J., & Powers, T. (2006). An Assessment of Everyday Noises and Their Annoyance. *Hearing Review*, 13(7), 16.

Holube, I., Fredelake, S., Vlaming, M., & Kollmeier, B. (2010). Development and analysis of an international speech test signal (ISTS).

International Journal of Audiology, 49(12), 891-903. DOI: 10.3109/14992027.2010.506889.

Jensen, N. S., Samra, B., Best, S., Wilson, C., & Taylor, B. (2025). Improving Speech Understanding in Noisy Group Conversation: 86% of Participants Performed Better with Signia Integrated Xperience Versus Key Competitor. AudiologyOnline, Article 29273. www.audiologyonline.com.

Jensen, N. S., Samra, B., Kamkar Parsi, H., Bilert, S., & Taylor, B. (2023). Power the conversation with Signia Integrated Xperience and RealTime Conversation Enhancement. Signia White Paper. www.signia-library.com.

Jensen, N. S., Samra, B., Taghvaei, N., & Taylor, B. (2024a). Improving the Real-World Conversation Experience With a Multi-Stream Architecture. Hearing Review, 31(9), 16-20.

Jensen, N. S., Wilson, C., Kamkar Parsi, H., Ramirez, I., & Vormann, M. (2026). Signia Multi-adaptive Xperience outperforms key competitors in group conversation in noise. Signia White Paper. www.signia-library.com.

Jensen, N. S., Wilson, C., Kamkar Parsi, H., Samra, B., Hain, J., Best, S., & Taylor, B. (2024b). Signia IX delivers more than twice the speech enhancement benefit in a noisy group conversation than the closest competitors. Signia White Paper. www.signia-library.com.

Korhonen, P., Slugocki, C., Kuk, F., & Peeters, H. (2026). Enhancing group conversations in noise with Signia's new RealTime Conversation Enhancement^{AI} powered by Acoustic IntelligenceTM. Signia White Paper. www.signia-library.com.

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. Nature, 521(7553), 436-444. DOI: 10.1038/nature14539.

Moore, B. C. J. (2026). Hearing Aids: What Works Well and What Can Be Improved. Journal of the Association for Research in Otolaryngology. DOI: 10.1007/s10162-026-01031-5.

Picou, E. M. (2025). Are Hearing Aid Benefit and Satisfaction Rates Higher for Traditional or Over-the-Counter Hearing Aids? Seminars in Hearing, 46(3), 196-208. DOI: 10.1055/s-0045-1812039.

Powers, T., Froehlich, M., Branda, E., & Weber, J. (2018). Clinical Study Shows Significant Benefit of

Own Voice Processing. Hearing Review, 25(2), 30-34.

Samra, B., Jensen, N. S., & Lotter, T. (2025). Own Voice Processing 2.0 linked to 23% fewer returns. Signia Data Insights. www.signia-library.com.

Smeds, K., Wolters, F., & Rung, M. (2015). Estimation of signal-to-noise ratios in realistic sound scenarios. Journal of the American Academy of Audiology, 26(2), 183-196. DOI: 10.3766/jaaa.26.2.7.

Be
Brilliant™

