

# Wissenschaftliche Studie zu den Vorteilen von „Dynamic Soundscape Processing“

Dr. Matthias Fröhlich, Dr. Eric Branda, Katja Freels, Dipl.-Ing.



## Einleitung

Moderne Hörgeräte wirken sehr effektiv bei der Kompensation einer Hörminderung. Die Signalverarbeitung ist so weit fortgeschritten, dass das Sprachverstehen von Menschen mit Hörverlust in einigen Hörsituationen gleich oder sogar besser ist als das von Menschen mit normalem Hörvermögen (1). Es ist jedoch kein Geheimnis, dass die Hörwahrnehmung maßgeblich von der Intention des Menschen abhängt, genauer gesagt, worauf er seinen akustischen Fokus legt. Auf einer lauten Party beispielsweise können wir unsere Aufmerksamkeit auf eine Person einer anderen Gesprächsgruppe richten, um ihr zuzuhören. Während wir im Auto fahren, können wir unsere Aufmerksamkeit von der Musik auf einen Sprecher auf dem Rücksitz lenken. Unsere Ausrichtung unterscheidet sich in Ruhe oder in lauter Umgebung, draußen oder zu Hause, in Bewegung oder im Ruhezustand. Mit Weiterentwicklung der Hörtechnologie wird versucht, die bestmögliche automatische Übereinstimmung zwischen den Gehirnaktivitäten und der Verarbeitung der Hörgeräte zu erzielen.

Signia (ehemals Siemens) hat in den letzten zwei Jahrzehnten eine Vorreiterrolle übernommen und Plattformen implementiert, die die Signalverarbeitung von Hörgeräten automatisch auf eine bestimmte Hörsituation ausrichten:

- Einführung von Hörgeräten in den frühen 2000er Jahren, die automatisch zwischen omnidirektionaler und direktonaler Verarbeitung umschalteten (2).
- Entwicklung automatischer adaptiver Richtcharakteristiken, die sich bewegende Geräuschquellen verfolgen und das Geräusch minimieren konnten (3).
- Einführung eines automatischen Richtungsfokus nach hinten und zu den Seiten (4,5).
- Die jüngste Entwicklung: eine besonders gezielte Richtwirkung durch binaurale Richtmikrofonie (6).

Alle diese Funktionen wurden entwickelt, um der Hörabsicht des Hörgeräteträgers für eine bestimmte Hörsituation zu entsprechen. Was bleibt also noch zu tun?

## Neue Signalverarbeitung

Der Schwerpunkt der neusten Entwicklung lag auf einer verbesserten Verarbeitung von Sprach- und Umgebungssignalen, die aus anderen Richtungen als von vorne stammen, insbesondere wenn Hintergrundgeräusche vorhanden sind. Generell geht es um verbesserte Identifizierung und Interpretation der akustischen Szenerie. Um diese Aufgabe zu lösen, wurde kürzlich eine innovative Signalverarbeitung entwickelt und in die neuen Signia Xperience Hörgeräte implementiert. Dieser Ansatz berücksichtigt Analysefaktoren wie den allgemeinen Geräuschpegel, Entfernungsschätzungen für Sprache, Lärm sowie Umgebungsgereusche, den Signal-Rausch-Abstand (SNR), die Richtung von Sprache und die Modulation der akustischen Umgebung.

Eine weitere Ergänzung der Analysevariablen kam in Xperience-Hörgeräten hinzu, um die Bedürfnisse des Hörgeräteträgers noch besser zu erfassen: die "Akustik-Bewegungs-Sensorik". Erstmals in Hörgeräten integrierte Bewegungssensoren führen alle 0,5 Millisekunden dreidimensionale Messungen durch, die Nachbearbeitung der Sensor-Rohdaten erfolgt alle 50 Millisekunden. Diese Daten steuern wiederum die Signalverarbeitung der Hörgeräte. In fast allen Fällen ist unsere Hörintention in Bewegung eine andere, als wenn wir uns nicht bewegen. Wir haben dann ein gesteigertes Interesse an allem, was um uns herum geschieht, und nicht nur an einer bestimmten Schallquelle. Durch Bewegungssensoren wird die Signalverarbeitung von Xperience entsprechend angepasst, wenn Bewegung erkannt wird.

Um den Kundennutzen dieser neuen Verarbeitungsalgorithmen zu bewerten, wurden zwei Forschungsstudien durchgeführt: eine zur Bewertung der Wirksamkeit in Labortests und eine zweite zur Bestimmung der realen Wirksamkeit mittels „Ecological Momentary Assessment“ (EMA). \*

---

\*„Ecological Momentary Assessment“ (EMA) ist eine Bewertungsmethode, die innerhalb realer Situationen durchgeführt wird. Die Bewertungen werden per App erfasst.

## Labortest der Akustik-Bewegungs-Sensorik

13 Personen mit beidseitigem, symmetrischem, leicht- bis mittelgradigem Hörverlust (6 Männer, 7 Frauen) im Alter von 26 bis 82 Jahren (Durchschnittsalter 60 Jahre) nahmen an der Untersuchung teil. Alle Versuchspersonen waren erfahrene Nutzer einer binauralen Hörgeräteversorgung. Ihr mittlerer Hörverlust betrug 30 dB bei 250 Hz, zu hohen Frequenzen hin abfallend bis auf 64 dB bei 6000 Hz.

Die Teilnehmer wurden beidseitig mit zwei verschiedenen Sets von Signia Xperience Pure RIC Hörgeräten ausgestattet, die weitgehend identisch waren, außer dass ein Set die neue Signalverarbeitung zur detaillierteren Analyse der akustischen Umgebung sowie integrierte Bewegungssensoren enthielt. Die Hörgeräte wurden mit Double Domes ausgestattet und in Connex 9.1 mit der Signia Anpassmethode XFit programmiert.

Die Teilnehmer wurden mit zwei verschiedenen Hörsituationen konfrontiert. Sie bewerteten beide Situationen auf einer 13-Punkte-Skala, die von 1="Stark abweichend" bis 7="Stark übereinstimmend" reichte, und gaben eine Mittelwertbewertung ab. Die Bewertungen basierten auf zwei Aussagen, die sich auf unterschiedliche Dimensionen des Hörens bezogen: Sprachverstehen, "Ich habe die Sprecher von der Seite gut verstanden", und Höranstrengung, "Es war leicht, die Sprecher von der Seite zu verstehen."

### Bedingung 1 (Restaurant)

Dieses Szenario wurde entwickelt, um die folgende Situation zu simulieren: Ein Hörgeräteträger unterhält sich mit einer Person direkt vor ihm. Ein zweiter Gesprächspartner, der sich außerhalb des Sichtfeldes befindet, kommt unerwartet dazu. Dies kann man in einem Restaurant erleben, wenn sich die Bedienung nähert. Das Target, in diesem Fall das Hauptgespräch, wurde aus einem 0° Grad-Winkel von vorne abgespielt (Sprecherin; 68 dBA). Das Hintergrundgeräusch der Cafeteria (64 dBA) kam aus vier Lautsprechern, die um den Teilnehmer herum (45°, 135°, 225° und 315°) positioniert waren. Der unerwartete männliche Sprecher (68 dBA) wurde zu einem zufälligen Zeitpunkt aus einem Winkel von 110° präsentiert. Die Teilnehmer wurden mit den beiden Hörgerätesets (d.h. neue Signalverarbeitung ein vs. aus) getestet. Nach jeder Testreihe von Sprachsignalen des unerwarteten Gesprächspartners von der Seite oder von hinten gaben die Teilnehmer auf der zuvor beschriebenen Skala ihre Bewertung ab.

### Bedingung 2 (Verkehr)

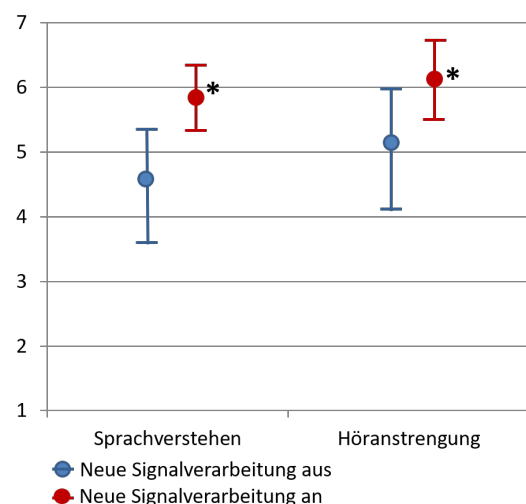
Dieses Szenario wurde entwickelt, um die folgende Situation zu simulieren: Eine Person läuft auf dem Bürgersteig an einer stark frequentierten Straße (65 dBA), zusammen mit einem Gesprächspartner an ihrer Seite. Die Winkel der „Verkehrslärm“-Lautsprecher waren die gleichen wie für Bedingung 1. Zusätzlich wurde der Bewegungssensor in den Hörgeräten entweder ein- oder ausgeschaltet. Obwohl die Teilnehmer zuvor Platz genommen hatten, war der Bewegungssensor bewusst aktiviert, um die Hörgeräte wie in einer Bewegungssituation reagieren zu lassen. Er befand sich gegenüber dem 0°-Sprecher, während die Sprache der weiteren Gesprächspartner von 110° (männlich) und 250° (weiblich) bei 68 dBA kam. Die Bewertungsaussagen und Antwortskalen waren die gleichen wie für Bedingung 1.

## Ergebnisse

### Restaurantbedingung

Die Teilnehmer hatten wenig Mühe, das Gespräch von vorne zu verstehen. Der Median lag bei 6,5 (maximal 7,0) für beide Hörgerätesets. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Signalverarbeitungen für den Sprecher von vorne ( $p > .05$ ). Für den Sprecher von der Seite ergab sich jedoch ein signifikanter Vorteil mit der neuen Signalverarbeitung ( $p < .05$ ), sowohl beim Sprachverstehen als auch beim Thema Höranstrengung (siehe Abbildung 1 für mittlere Daten).

Sprachverstehen von der Seite „im Restaurant“

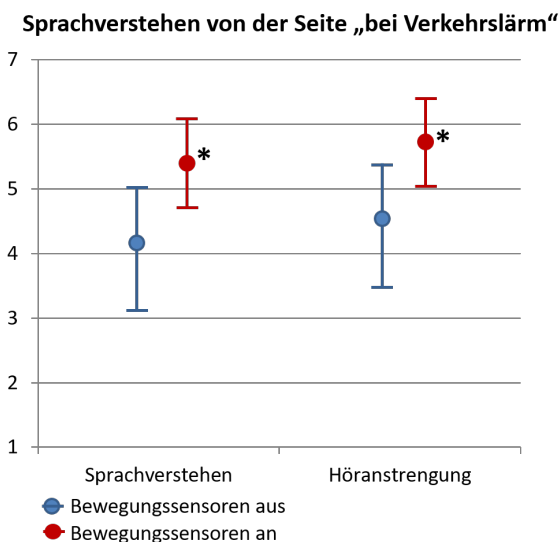


**Abbildung 1.** Mittlere Bewertungen und 95. Perzentil-Konfidenz-Werte des Sprachverstehens und der Höranstrengung für den Sprecher von der Seite in der Restaurantbedingung. Die 13-Punkte-Skala erfasste Bewertungen zwischen 1="Stimme überhaupt nicht zu" bis 7="Stimme voll und ganz zu". Die Teilnehmer (umgeben von Cafeteria-Lärm; 64 dBA) bewerteten während eines Gesprächs aus 0° einen weiteren Sprecher, der zu einem zufälligen Zeitpunkt von 110° (SNR=

+4 dB) sprach. Die Sternchen zeigen die Signifikanz bei  $p < .05$  an.

### Verkehrsbedingung

Die gemittelten Ergebnisse für das Verkehrsszenario sind in Abbildung 2 dargestellt. Bitte beachten Sie, dass die Teilnehmer in diesem Fall von Verkehrslärm (SNR=+3 dB) umgeben und die beiden Gesprächspartner rechts und links positioniert waren (110° und 250°). Wieder sollten hier Sprachverstehen und Höranstrengung bewertet werden. Diese Hörsituation war etwas schwieriger, so dass die Gesamtmittelwerte leicht unter den „Restaurant“-Werten lagen, sich aber das gleiche allgemeine Muster ergab. Das heißt, mit der neuen Signalverarbeitung fiel das Ergebnis sowohl für das Sprachverstehen als auch für die Höranstrengung deutlich besser aus ( $p < .05$ ).



**Abbildung 2.** Angezeigt werden die mittleren Bewertungen und die 95. Perzentil-Konfidenz-Werte für das Sprachverstehen und die Höranstrengung in der Testbedingung Straßenverkehr. Die 13-Punkte-Skala erfasste Bewertungen zwischen 1=„Stimme überhaupt nicht zu“ bis 7=„Stimme voll und ganz zu“. Die Teilnehmer, umgeben von Verkehrslärm (65 dB SPL), gaben eine Bewertung für Sprecher ab, welche zu einem zufälligen Zeitpunkt von beiden Seiten präsentiert wurden (110° und 250°, SNR=+3dB). Die Sternchen zeigen die Signifikanz bei  $p < .05$  an.

Weiterhin wurden die Teilnehmer für jede Testsituation gefragt, ob sie das gerade getestete Produkt einem Freund empfehlen würden. Eine 5-Punkte-Bewertungsskala kam dafür zum Einsatz: 1=„Definitiv nicht“, 3=„Neutral“, und 5= „Definitiv Ja“. Ein signifikanter Vorteil ( $p < .05$ ) wurde sowohl für Neue Signalverarbeitung „An“ als auch für „Bewegungssensor „An“ beobachtet. Betrachtet man die Einzelbewertungen „Ja“ und „Definitiv Ja“, so ergeben sich positive Empfehlungswerte von 100% für die Restaurantbedingung (vs. 53% für die neue Signalverarbeitung „Aus“) und 84%

für die Verkehrsbedingung (vs. 38% für Bewegungssensor „Aus“).

## Wirksamkeit in der Praxis

Die positiven Ergebnisse für die neue Signalverarbeitung, die bei Labortests ermittelt wurden, waren vielversprechend. Doch es ist uns wichtig, festzustellen, ob dieser Patientennutzen auch in der Praxis festgestellt werden kann. Daher wurde eine zweite Studie mit Xperience durchgeführt, in der die Teilnehmer zu Hause testeten.

Alle 35 Teilnehmer (19 Männer, 16 Frauen) wiesen einen symmetrischen, zu hohen Frequenzen hin zunehmenden, Hörverlust auf und waren erfahrene Hörgeräteträger. Die durchschnittliche Erfahrung mit Hörgeräten lag bei 6 Jahren. Das durchschnittliche Audiogramm verlief von 29 dB bei 500 Hz bis auf 62 dB absinkend bei 4000 Hz. Die Teilnehmer, die aus vier verschiedenen Hörerätiefachgeschäften rekrutiert wurden, waren 37 bis 86 Jahre alt, mit einem Durchschnittsalter von 68,5 Jahren.

Die Teilnehmer erhielten beidseitig Signia Xperience Pure 312 7X RIC mit belüfteten Click Sleeves. Die Hörgeräte wurden auf den Hörverlust der Kunden programmiert, wobei die Signia Xperience-Anpassmethode XFit verwendet wurde. Die Erfahrungen wurden während dieses einwöchigen Feldversuchs mit der Ecological Momentary Assessment-Methode (EMA) erfasst. Das heißt, die Teilnehmer gaben ihre Bewertungen während oder unmittelbar nach dem jeweiligen realen Hörerlebnis ab. Die primären Fragen der EMA umfassten sieben verschiedene Hörumgebungen, die Aktivitäten des Benutzers (in Ruhe oder in Bewegung) sowie die Wahrnehmung der Hörgeräteträger in der jeweiligen Situation. Die Teilnehmer wurden vorher zu Hause in der Bedienung der App geschult.

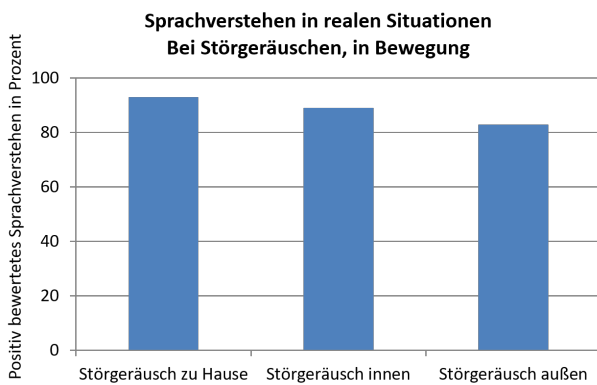
### Ergebnisse

Unvollständig abgeschlossene Fragebögen wurden in der Analyse nicht berücksichtigt. 1.938 EMAs flossen in die genannten Ergebnisse ein (im Durchschnitt 55 pro Teilnehmer für die einwöchige Studie). Wie bereits erwähnt, ist eines der wichtigsten neuen Xperience-Merkmale die Integration von Bewegungssensoren. Um deren Wirksamkeit zu bewerten, sollten EMAs für drei verschiedene Situationen erstellt werden, jeweils mit Sprache im Störgeräusch und Bewegung, von welchen die Teilnehmer sagten, dass sie sich dabei bewegen: „Störgeräusch zu Hause“ (136 EMAs), Störgeräusch innen“ (153 EMAs) und „Störgeräusch außen“ (31 EMAs).

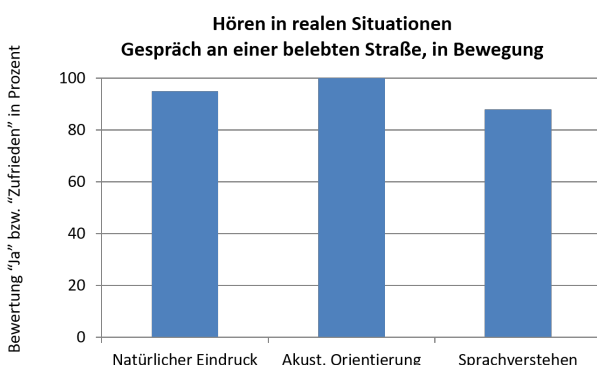
Die Teilnehmer bewerteten ihr Sprachverstehen auf einer 9-Punkte-Skala, und zwar von 1=„Nichts“, über

5=„Ausreichend“ bis 9=„Alles“. Wir können davon ausgehen, dass selbst eine Bewertung von 5 ("ausreichend") für ein Gespräch genügen würde. Nichtsdestotrotz haben wir für die in Abbildung 3 dargestellten Werte nur die positiveren Bewertungen von 6 („Ziemlich viel“) und höher kombiniert.

Wie zu erwarten, war das Verstehen zu Hause am besten. Aber für alle drei dieser schwierigen Hörsituationen (Verstehen im Störgeräusch beim Gehen) war das Sprachverstehen insgesamt gut. Die höchste Bewertung von "Verstehe alles" auf der 9-Punkte-Skala wurde für 60% der EMAs „Störgeräusch zu Hause“, 62% „Störgeräusch innen“ und 39% „Störgeräusch außen“ vergeben.



**Abbildung 3.** Dargestellt sind die zusammengefassten Bewertungen von 6 (Ziemlich viel) oder höher (9-Punkte-Skala) für EMA-Fragen zum Verstehen von Sprache im Störgeräusch und Bewegung. Die Ergebnisse werden für „Störgeräusch zu Hause“ (136 EMAs), „Störgeräusch innen“ (153 EMAs) und „Störgeräusch außen“ (31 EMAs) angezeigt.



**Abbildung 4.** Darstellung der Prozentsätze, die entweder den Prozentsatz der „Ja“/„Meist ja“-Antworten oder den Prozentsatz der EMAs, die Zufriedenheit zeigen (ein Rating von 5 oder höher auf der 7-Punkte-Skala). Die Anzahl der für die

Analyse verwendeten EMAs betrug 80 für Natürlichen Eindruck, 63 für Akustische Orientierung und 79 für Gesamtzufriedenheit.

Eine häufig auftretende Hörsituation ist ein Gespräch, während man an einer belebten Straße entlang geht. Für diese Bedingung waren drei EMA-Fragen von zentraler Bedeutung: Ist die Hörsituation natürlich? Ist die Wahrnehmung der akustischen Umgebung in Ordnung? Wie hoch ist die allgemeine Zufriedenheit beim Verstehen von Sprache? Die ersten beiden davon wurden auf einer Vier-Punkte-Skala bewertet: „Ja“, „eher ja“, „eher nein“ und „nein“. Die Zufriedenheit beim Sprachverstehen wurde auf einer 7-Punkte-Skala bewertet, die derjenigen in MarkeTrak-Umfragen ähnelt: 1= „Sehr unzufrieden“ bis 7=„Sehr zufrieden“. Die Ergebnisse dieser drei Fragen für das Gehen an einer belebten Straße mit Hintergrundgeräuschen sind in Abbildung 4 dargestellt. Die Prozentsätze sind entweder Prozent der „Ja“/„Meist ja“-Antworten oder Prozent der EMAs, die Zufriedenheit zeigen (ein Rating von 5 oder höher auf der 7-Punkte-Skala). Wie abgebildet waren die Bewertungen in allen Fällen sehr positiv. Am bemerkenswertesten war, dass 88% der EMAs Zufriedenheit mit dem Sprachverstehen für diese schwierige Hörsituation angaben.

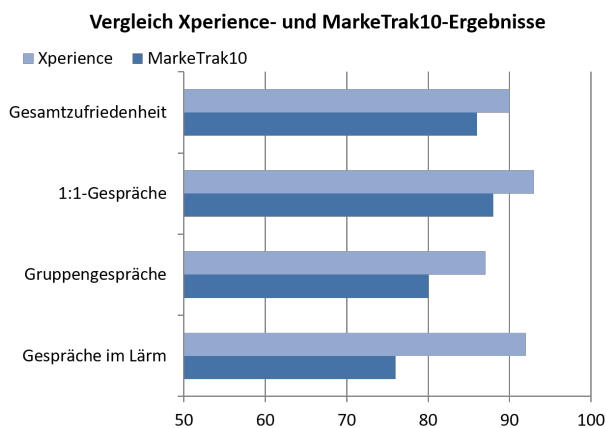
Wie bereits erwähnt, wurde neben den Bewegungssensoren auch ein neues Signalverarbeitungs-System für die Xperience-Plattform (Dynamic Soundscape Processing) entwickelt. Das primäre Ziel dabei war, das Sprachverstehen aus unterschiedlichen Richtungen und gleichzeitig die Umgebungswahrnehmung zu verbessern. Einige der EMA-Fragen zielten auf diese Hörfahrung ab.

Die Teilnehmer bewerteten die Zufriedenheit auf einer 7-Punkte-Skala, wie sie auch bei EuroTrak und MarkeTrak üblich ist. Wenn wir eine der schwierigsten Hörsituationen, Sprache im Störgeräusch, betrachten, zeigen die EMA-Daten eine Zufriedenheit von 92% mit Xperience. Wir können dieses Ergebnis mit anderen großen Studien vergleichen. Die EuroTrak-Zufriedenheitsangaben für diese Hörkategorie sind von Land zu Land etwas unterschiedlich, liegen aber in allen Fällen deutlich unter Xperience. So zeigen die norwegischen Daten aus dem Jahr 2019 nur 51% Zufriedenheit, die deutsche Zufriedenheitsrate betrug 2018 64% und die britische Zufriedenheit 69%.

Die Ergebnisse von MarkeTrak10 sind seit kurzem verfügbar, so dass es möglich ist, die Xperience-Umfrageergebnisse auch mit diesen zu vergleichen. Die verglichenen MarkeTrak10-Daten stammen von Personen, welche Hörgeräte benutzten, die weniger als ein Jahr alt waren. Die EMA-Fragen waren zwar nicht genau wie die Fragen zur MarkeTrak10-Umfrage formuliert, aber sehr ähnlich. Somit ermöglichen sie einen aussagekräftigen Vergleich. In Abbildung 5 sind der prozentu-

ale Anteil der Zufriedenheit (kombinierte Werte für „Etwas zufrieden“, „Zufrieden“ und „Sehr zufrieden“) für die Gesamtzufriedenheit und für drei verschiedene, allgemeine Hörsituationen dargestellt.

Wir unterschieden kleine Gruppen von großen Gruppen nicht, MarkeTrak10 dagegen schon. Die Ergebnisse von MarkeTrak10 zeigten 83% Zufriedenheit für kleine Gruppen und 77% für große Gruppen. Was für MarkeTrak für diese Hörsituation in Abbildung 5 dargestellt wird, beträgt 80%, der Durchschnitt beider Gruppenergebnisse. Im Allgemeinen waren die Zufriedenheitsbewertungen für Xperience sehr hoch und sie übertrafen die von MarkeTrak10. Dies ist bemerkenswert, da die Marke Trak10-Ergebnisse mit Hörgeräten ermittelt wurden, die nicht einmal ein Jahr alt waren, und die meisten EMA-Fragen für Hörsituationen im Lärm beantwortet wurden.



**Abbildung 5.** Gezeigt wird die prozentuale Zufriedenheit für EMAs mit Xperience im Vergleich zu den Ergebnissen von MarkeTrak10 für drei verschiedene Hörsituationen und die Gesamtzufriedenheit. Gesamtzufriedenheit=1938 EMAs, Zufriedenheit im 1:1-Gespräche=564 EMAs, Gruppengespräche=151 EMAs und Gespräche im Lärm=598 EMAs.

sowohl im Stand als auch in Bewegung. Praktische Studien mit Hilfe der EMA-Methodik ergaben eine äußerst zufriedenstellende Wahrnehmung der Umwelt und eine höhere Gesamtzufriedenheit der Benutzer als bei EuroTrak oder der jüngsten MarkeTrak10. Insgesamt wurde die Leistung der Signia Xperience Hörgeräte sowohl in Bezug auf Effektivität als auch auf Effizienz validiert, und es wird erwartet, dass ein höherer Kundennutzen und eine höhere Zufriedenheit erreicht werden.

## Literaturhinweise

Übersetzung der Originalstudie: Froehlich, M., Freels, K., & Powers T. (2019). Research Evidence for Dynamic Soundscape Processing Benefits. [https://www.signia-library.com/scientific\\_marketing/](https://www.signia-library.com/scientific_marketing/)

- (1) Froehlich, M., Freels, K., & Powers, T. Speech recognition benefit obtained from binaural beamforming hearing aids: comparison to omnidirectional and individuals with normal hearing *AudiologyOnline*, 2015; Article 14338. Quelle: <http://www.audiologyonline.com>
- (2) Powers TA, Hamacher, V. Three-microphone instrument is designed to extend benefits of directionality. *Hearing Journal*. 2002; 55 (10): 38-45.
- (3) Ricketts T, Hornsby BY, Johnson EE. Adaptive Directional Benefit in the Near Field: Competing Sound Angle and Level Effects. *Seminars in Hearing* 2005; 26 (2): 59-69.
- (4) Mueller HG, Weber J, Bellanova M. Clinical evaluation of a new hearing aid anti-cardioid directivity pattern. *International Journal of Audiology*. 2011; 50(4):249-54
- (5) Chalupper J, Wu Y, Weber J. New algorithm automatically adjusts directional system for special situations. *Hearing Journal*. 2011; 64(1): 26-33.
- (6) Herbig, R, Froehlich, M. Binaural Beamforming: The Natural Evolution. *Hearing Review*. 2015;22(5):24.

## Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Zuge des technologischen Fortschritts entwickeln wir Hörgerätetechnologien, welche den exakten Hörbedürfnissen des Benutzers immer näherkommen. Sie beinhalten vor allem den Fokus auf Sprache, eine verbesserte Umgebungswahrnehmung und auch die spezifischen Anforderungen an das Hören, wenn sich der Hörgeräteträger bewegt. Wie hier berichtet, erzielt Signia Xperience in all diesen Bereichen äußerst erfreuliche Ergebnisse. Labordaten zeigen ein deutlich besseres Sprachverstehen für Sprache von der Seite,