

Bimodale Versorgung mit Cochlea-Implantat und Hörgerät: Verbesserung von Sprachverständnis und Lokalisation

Uwe Baumann *, Bernhard Seeber **

* Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkrankheiten, Kliniken der Ludwig-Maximilians-Universität München, Klinikum Großhadern, D-81377 München

** Lehrstuhl Mensch-Maschine-Kommunikation, Technische Universität München, D-80333 München

Einleitung

Einige Patienten schildern nach erfolgreicher Cochlea-Implantat-Versorgung, dass durch das zusätzliche Tragen des Hörgerätes auf der Gegenseite das Sprachverständnis sowie die Musikwahrnehmung weiter verbessert wird. In einer vorangegangenen Untersuchung (Baumann 2000) konnte diese Beobachtung für das Sprachverständnis mit und ohne Störgeräusch bestätigt werden. In der hier vorgestellten Folgestudie wurde der Einfluss einer Richtmikrofontechnik am Hörgerät auf das Sprachverständnis sowie erstmals die Lokalisationsleistung bei gleichzeitiger Nutzung von Cochlea-Implantat (CI) und kontralateralem Hörgerät (HG) untersucht.

Tab. 1: Demografische Daten des Probandenkollektivs. PTA (pure tone average): Mittelwert des tonaudiometrischen Hörverlustes bei 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz.

Patient	Alter	Erfahr.	Ätiologie	Implant.	PTA
RM	25,9	2,3	prog. degen.	C40+	91
RL	63,0	1,1	prog. degen.	C40+	105
JJ	49,8	1,3	toxisch	C40+	80
HS	28,8	0,8	Trauma	C40+	66
CC	25,0	3,0	cong. prog.	C40+	98
DT	79,4	2,0	prog. degen.	CI24m	73
PG	59,8	1,7	Hörsturz	C40+	78
EK	74,3	1,0	prog. degen.	C40+	91
EM	22,5	2,0	Cogan Synd.	C40+	107

Corresponding author: Dr.-Ing. Uwe Baumann
Klinikum Großhadern
HNO/Audiologie
Marchioninstr. 15
D-81377 München
Phone +49 89 7095 3878
Fax +49 89 7095 8825
E-mail: Uwe.Baumann@med.hno.uni-muenchen.de

Material und Methoden

Insgesamt nahmen 9 CI-Träger an den Hörversuchen teil (Alter 22 bis 79 Jahre, CI-Erfahrung 1 bis 3 Jahre, 8 C40+, 1 CI24m, Tabelle 1). Die Patienten DT und HS weisen ein für CI-Träger überdurchschnittliches Restgehör auf dem nicht operierten Ohr auf. Diese Patienten und die Patienten CC, RM und JJ benutzten vor Studienbeginn das eigene Hörgerät regelmäßig. Im Rahmen der Studie wurde bei allen Patienten auf der nicht implantierten Seite ein gleiches, digital programmierbares Hörgerät mit Richtmikrofontechnik angepasst (PZ A4, »Power Zoom«, Phonak, max. Verstärkung 79 dB, max. Ausgangsschalldruckpegel 144 dB/SSPL, DIN IEC 118-0). Programm 1 (P1) wurde omnidirektional eingestellt, Programm 2 (P2) benutzte das Richtmikrofon. Nach einer Eingewöhnungsphase von mindestens einer Woche wurde eine Fein Anpassung vorgenommen. Im Anschluss erfolgten die Sprachtests, bei denen der »Oldenburger Satztest« (OLSA, Wagener et al. 1999a, 1999b, 1999c) sowie ggf. das zugehörige Störsignal eingesetzt wurde. Der Lautsprecher zur Wiedergabe des Sprachsignals befand sich in frontaler Position; der Lautsprecher für die Wiedergabe des Störsignals hinter der Versuchsperson. Der Abstand von der gedachten Ohrachse des Versuchsteilnehmers zu den Lautsprechern betrug jeweils 1 m. Die Kopfposition wurde durch die Verwendung einer Kopfstütze fixiert. Es wurde das Sprachverständnis mit und ohne Störgeräusch mit folgenden Gerätekombinationen bestimmt: Nur CI, nur HG P1, nur HG P2, CI und HG P1, CI und HG P2. Die Bestimmung des Sprachverständnisses ohne Störgeräusch wurde bei einem Freifeld-Sprachschallpegel von 70 dB SPL aus der Darbietung von 20 Testsätzen ermittelt. Vor dem Test erfolgte ein Training der Versuchsteilnehmer mit mindestens einer kompletten Testliste zur Gewöhnung an das zunächst ungewohnte Sprachmaterial des OLSA. Zur Bestimmung des Hörschwellenpegels im Störgeräusch (speech reception threshold, SRT) wurde der Pegel des Störgeräuschs in 5 dB-Schritten je Testliste variiert und eine lineare Interpolation zwischen den Darbietungspegeln eingesetzt. Hierbei wurde das am nächsten ober- oder unterhalb des 50%-Verständnisses gelegene Signal-/Rauschverhältnis (S/R) bestimmt und das zur 50%-Verständnisleistung benötigte S/R-Verhältnis durch lineare Interpolation abgeschätzt. Die Messungen zur Lokalisationsleistung wurden in einem reflexionsarmen Raum der TU München an einer Apparatur zur Erfassung der Lokalisationsleistung in der frontalen Horizontalebene durchgeführt (Seeber 2001; Seeber et al. 2001). Hierbei steuerte der Versuchsteil-

nehmer einen Laserstrahl, der durch einen drehbaren Spiegel in seiner Richtung abgelenkt wurde. Die Richtungsangabe erfolgte durch einen Trackball. Der Drehung der Trackballkugel folgte der Lichtpunkt auf einer definierten Bahn. Als Stimulus wurde eine im Wiedergabepegel um 70 dB SPL in 3 dB Schritten randomisierte kurze Rauschpulsfolge verwendet (Bereich 64 bis 76 dB SPL), die aus den Richtungen 0, ±10, ±20, ±30, ±40, ±50 Grad durch verdeckte Lautsprecher abgestrahlt wurde. Insgesamt wurden 10 Darbietungen je Einfallsrichtung präsentiert. Um Einflüsse der Orientierung im Raum zu verhindern, wurde der Versuch in völliger Dunkelheit durchgeführt.

Ergebnisse

Verständnis ohne Störgeräusch

Abb. 1 und 2 stellen das von den Patienten im Oldenburger Satztest erreichte Sprachverständnis ohne Störgeräusch in den fünf verschiedenen Versorgungsmodi dar. Der in Abb. 1 aufgeführte Wert des Medians des prozentualen Sprachverständnisses erreicht bei der ausschließlichen Nutzung des Hörgerätes weder mit Omni- noch Richtmikrofon mehr als 10 %. Bei alleiniger Nutzung des CIs erreicht der Zentralwert bereits 85 %; die zusätzliche Nutzung des Hörgerätes im omni-direktionalen Programm steigert diesen um weitere 10 % auf 95 %. Das Einsetzen der Richtmikrofontechnik erhöht den Zentralwert des Sprachverständnisses ohne Störgeräusch um 3 % auf 98 %. Hierbei könnten aber bereits mögliche Deckelungseffekte den Nachweis der Wirkung dieser Technik beeinflussen.

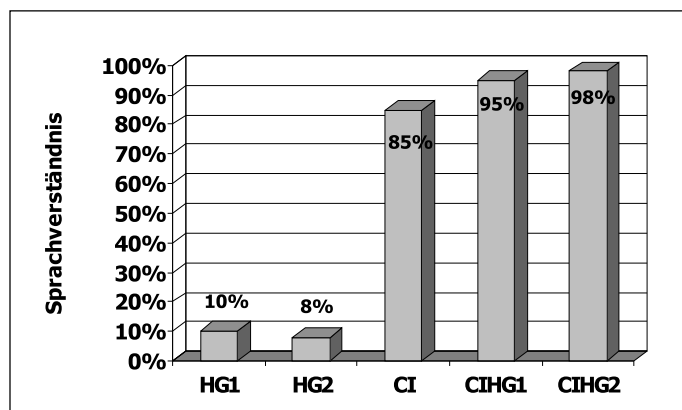


Abb. 1: Sprachverständnis im Oldenburger Satztest ohne Störgeräusch in den verschiedenen Versorgungsmodi: CI (nur Cochlea-Implantat), HG1 (nur Hörgerät, Programm 1, omnidirektional), HG2 (nur Hörgerät, Programm 2, Richtmikrofon), CIHG1 (CI gleichzeitig mit HG Programm 1), CIHG2 dito mit HG Programm 2.

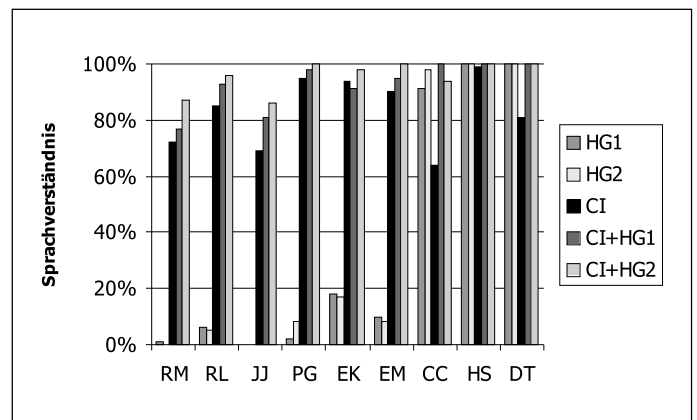


Abb. 2: Individuelle Sprachverständnisleistung ohne Störgeräusch im Oldenburger Satztest. Legende zu den Säulen siehe Abb. 1.

Bekanntermaßen können Sprachverständnis-Resultate bei CI-versorgten Patienten starke interindividuelle Unterschiede aufweisen. So zeigen auch die individuellen Ergebnisse des Patientenkollektivs in Abb. 2 deutliche Unterschiede. Gemeinsam ist für alle Patienten eine Verbesserung des Sprachverständnisses, wenn zusätzlich zum CI das Hörgerät benutzt wird (Ausnahme: EK im Modus CI+HG P1). Diese Verbesserung fällt bei Benutzung der Richtmikrofontechnik anscheinend noch etwas höher als bei Einsatz des omnidirektionalen Programms aus. Der Zentralwert der Sprachverständnisverbesserung durch zusätzliches Tragen des Hörgerätes beträgt 5 % im Modus CI+HG P1, im Modus CI+HG P2 verbessert sich das Sprachverständnis um 11 % (Median). Der t-Test für gepaarte Stichproben bestätigt den Unterschied zwischen dem Versorgungsmodus CI und CI+HG P1 sowie CI und CI+HG P2, nicht aber den Unterschied zwischen CI+HG P1 und CI+HG P2 (5%-Niveau).

Erwähnenswert sind die Sprachverständnisleistungen der Probanden CC, HS und DT. Diese Patienten unterscheiden sich von der übrigen Gruppe durch ein sehr hohes Sprachverständnis im Modus HG P1 bzw. HG P2.

Verständnis mit Störgeräusch

Tabelle 2 führt die individuellen SRT-Werte für die verschiedenen Versorgungsmodi sowie die Wirkung des zusätzlich zum CI getragenen Hörgerätes bei Verwendung von P1 und P2 (Effekt HG). Die Spalten CI, CIHG1 sowie CIHG2 kennzeichnen das S/R-Verhältnis in dB, welches zum Erreichen des 50%igen Sprachverständnisses erforderlich ist. In den Spalten »Effekt HG« ist die Differenz zwischen dem SRT-Wert bei alleiniger CI-Nutzung und bei kombinierter Nutzung von CI und HG aufgetragen. Positive Zahlenwerte in dieser Spalte kennzeichnen eine Verbesserung des SRT-Wertes; diese sind zur besseren Übersicht grau hinterlegt. Bei 7/9 Probanden ergibt sich durch zusätzliche Nutzung des Hörgerätes ein positiver Effekt; das zum Erreichen des 50%igen Sprachverständnisses notwendige S/R-Verhältnis verrin-

Tab. 2: SRT- Werte im Störgeräusch. Angabe des S/R-Verhältnisses in dB. Oldenburger Satztest, Freifelddarbietung, Signal frontal, Störgeräusch dorsal, jeweils 1 m Abstand, Signalpegel 70 dB SPL fest, Rauschpegel in 5 dB-Schritten variiert, Schwellenbestimmung durch lineare Interpolation.

Patient	CI	CIHG1	CIHG2	Effekt HG1	Effekt HG2
EK	-5,8	0,0	-2,2	-5,8	-3,6
HS	-4,9	-3,5	-13,8	-1,4	8,9
DT	-1,8	-3,1	-11,6	1,3	9,9
EM	0,4	-1,0	-1,5	1,4	1,8
PG					2,8
RM	3,5	4,7	5,5	-1,2	-2,0
CC	3,9	2,5	5,8	1,4	-1,9
RL	6,0		2,4	3,7	3,6
JJ				1,4	1,4

gert sich im Modus CI+HG P1 durchschnittlich um 1,3 dB, im Modus CI+HG P2 um 2,8 dB (Zentralwerte). Allerdings zeigen sich starke individuelle Unterschiede: Neben Probanden mit erhöhtem S/R-Verhältnis kommt es bei HS und DT durch den Einsatz der Richtmikrontechnik zu einer Absenkung des S/R-Verhältnisses um 8,9 bzw. 9,9 dB. Die großen individuellen Unterschiede werden in Abb. 3 durch den weiten Bereich der wahrscheinlichen Schwankung bei den einzelnen Versorgungsmodi verdeutlicht. Der t-Test für verbundene Stichproben kann deshalb auf dem 5%-Niveau keinen Unterschied zwischen den verschiedenen Versorgungsmodi feststellen.

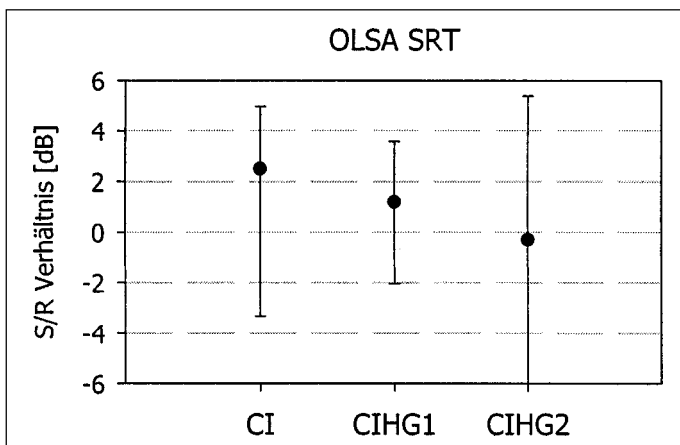


Abb. 3: Zentralwert und wahrscheinliche Schwankung des mittleren SRT-Wertes. Daten aus Tab. 2.

Untersuchung des Richtungsgehörs

Die Mehrzahl der Probanden zeigte bei der Überprüfung des Richtungsgehörs bei gleichzeitiger Nutzung von CI und HG keine Lokalisation. Überwiegend werden Schallreize auf der CI-Seite lateralisiert, wie in Abb. 4 für Proband JJ dargestellt. Eine Ausnahme hiervon bilden die Ergebnisse der Probanden DT und HS. Abb. 5 stellt den Zentralwert und die wahrscheinliche Schwankung der Antworten des Probanden HS für den Versorgungsmodus CI+HG P1 dar. Überraschenderweise stimmt für die rechte Schalleinfallrichtung bei diesem Probanden die wahrgenommene Schalleinfallrichtung mit relativ guter Genauigkeit mit der Vorgaberichtung überein. Bei Darbietung von links vergrößert sich die Abweichung, je weiter der Schall von außen angeboten wird. Die durch lineare Regression bestimmte Gerade (gestrichelt) trifft die Zentralwerte der Versuchspersonenantwort auch bei Schalleinfallrichtungen von links außen mit guter Genauigkeit.

Diskussion

Die in dieser Studie gewählte Lautsprecherposition für Sprachsignal und Störgeräusch ergab sich aus Praktikabilitätsgründen. Zum Erreichen eines größeren Effektes zur Verringerung des SRT-Wertes wäre ein seitlicher Schalleinfall wünschenswert. Dies hätte eine Verdopplung des ohnehin nicht geringen Testaufwands bedeutet, da die Probanden in der Regel ein stark seitendifferentes Sprachverständnis aufweisen. Die Größenord-

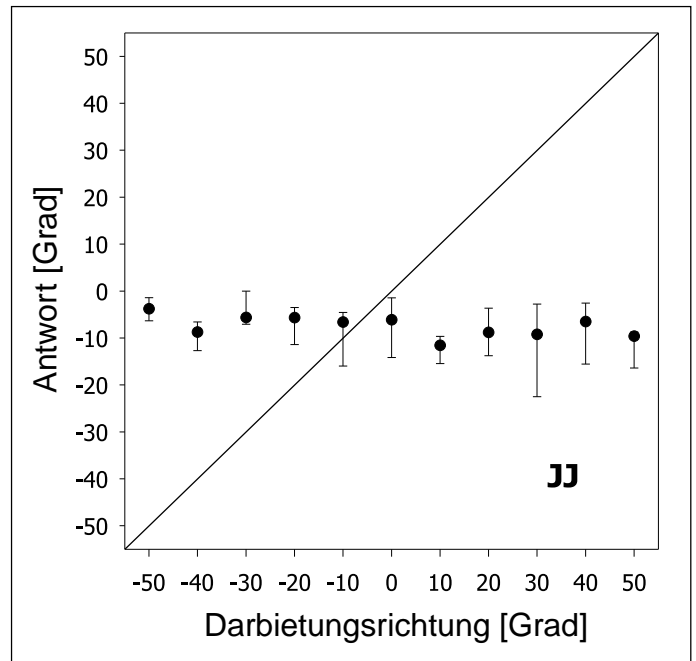


Abb. 4: Ergebnisse des Lokalisationstest für Proband JJ, Versorgungsmodus CI+HG P1.

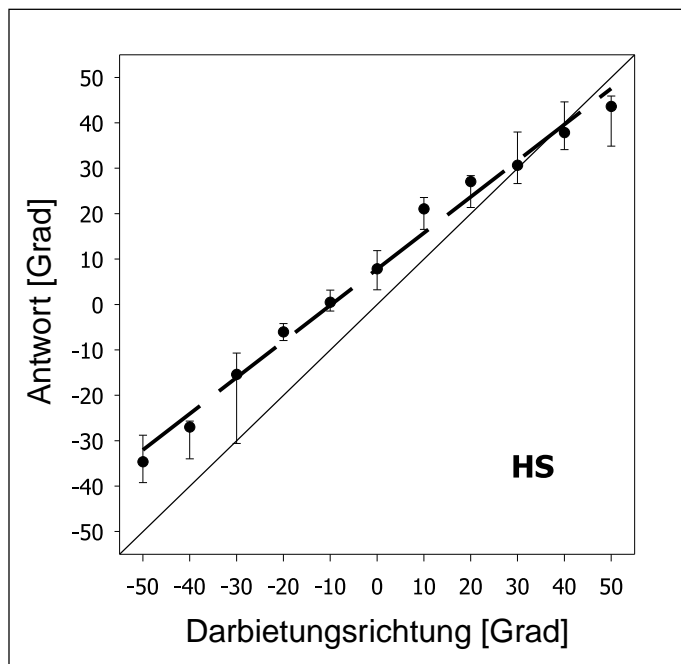


Abb. 5: Ergebnisse des Lokalisationstest für Proband HS, Versorgungsmodus CI+HG P1. Unterbrochene Gerade: Ergebnis linearer Regression.

nung des zu erwartenden binauralen Effektes beträgt in der verwendeten Lautsprecherposition bei Normalhörenden 2 bis 3 dB. Die am Patientenkollektiv ermittelten Verbesserungen des SRT-Wertes durch Einsatz des Hörgerätes liegen (mit Ausnahme der Probanden DT und HS im Versorgungsmodus CI+HG2) im Bereich zwischen 1,3 dB und 3,7 dB. Die bei Verwendung des Richtmikrofons von den Patienten DT und HS erzielten SRT-Werte (-11,6 dB und -13,8 dB) übertreffen sogar die Hörleistung von Normalhörenden deutlich. Proband DT erreichte allein mit dem HG mit Programm 2 bei einem S/R-Verhältnis von -10 dB noch ein Sprachverständnis von 90 %. Dies ist ausschließlich auf die gewählte Testanordnung (Signal frontal, Störgeräusch dorsal) zurückzuführen, da so die Richtmikrofontechnik am effektivsten zum Einsatz kommt.

Doch nicht nur der Einsatz der Richtmikrofontechnik führte bei den Probanden DT und HS zu spektakulären Ergebnissen. Auch die Ergebnisse der Lokalisationstests zeigten für beide Probanden, dass die bimodale Kombination von CI und HG bei großem Restgehör die Lokalisation in der Horizontalebene mit überraschend hoher Genauigkeit ermöglicht. Die Erklärung dieser Hörleistung ist schwierig. Einerseits dürfte die vollkommen unterschiedliche Signalverarbeitung zu einer Verzerrung der interauralen Signallaufzeiten führen, andererseits wird die Hüllkurve des Signals durch die unterschiedlichen Kompressionsverfahren bei der CI-Vorverarbeitung und im HG-Regelkreis beeinflusst. Ein Erklärungsansatz für die dennoch mit bimodaler Versorgung erzielbare Lokalisationsleistung liefert die Arbeit von Hofman und Mitarbeitern (Hofman et al. 1998). Sie wiesen durch Modi-

fikationen an der Pinna nach, dass das Richtungsgehör nach einer Trainingsphase die Veränderung der durch die Pinnamodifikationen eingebrachten interauralen Pegel- und Laufzeitdifferenzen kompensieren kann. Möglicherweise kann ein solcher Trainingseffekt auch bei der bimodalen Versorgung mit CI und HG zu einer Verbesserung der Lokalisationsleistung führen.

Fazit

Die binaurale Interaktion zwischen CI und gleichzeitig benutztem HG führt vor allen bei Patienten mit relativ großem HG-Restgehör zu einer Steigerung des Sprachverständnisses. Der Einsatz einer Richtmikrofontechnik am HG kann in Einzelfällen das Sprachverständnis weiter steigern. Neben einer Verbesserung der Lateralisation kann in Ausnahmefällen mit besonders gutem HG-Restgehör durch die gleichzeitige Nutzung von CI und Hörgerät eine Wiederherstellung der Lokalisationsfähigkeit (zumindest in der Horizontalebene) erreicht werden.

Danksagung

Gefördert durch die Forschungsgemeinschaft Deutscher Hörgeräte-Akustiker. Wir danken der Firma Phonak, Stäfa, für die Bereitstellung der Hörgeräte. Koautor Bernhard Seeber wurde durch die DFG (GRK 267) unterstützt.

Literatur

- Baumann U (2000) Sprachverständnis im Störgeräusch mit Cochlea-Implantat und Hörgerät. In: Schomburg A, Sill A (eds.) Fortschritte der Akustik – DAGA 2000, pp 268–269
- Hofman PM, Van-Riswick JG, Van Opstal AJ (1998) Relearning sound localization with new ears. *Nature Neuroscience* 1(5), 417–421
- Seeber B (2001) Eine neue Messmethode für Lokalisationsuntersuchungen. In: Sill A (ed.) Fortschritte der Akustik – DAGA 2001, im Druck
- Seeber B, Fastl H, Baumann U (2001) Akustische Lokalisation mit Cochlea-Implantat und Hörgerät. In: Sill A (ed.) Fortschritte der Akustik – DAGA 2001, im Druck
- Wagener K, Kollmeier B, Kühnel V (1999a) Entwicklung und Evaluation eines Satztests in deutscher Sprache I: Design des Oldenburger Satztests. *Z Audiol* 38, 4–15
- Wagener K, Brand T, Kollmeier B (1999b) Entwicklung und Evaluation eines Satztests in deutscher Sprache II: Optimierung des Oldenburger Satztests. *Z Audiol* 38, 44–56
- Wagener K, Brand T, Kollmeier B (1999c) Entwicklung und Evaluation eines Satztests in deutscher Sprache II: Evaluation des Oldenburger Satztests. *Z Audiol* 38, 86–95