

Hörtraining – Teil 1

Moderne computerbasierte Trainingsprogramme für Schwerhörige

Dr. Aleksandra Kupferberg, Professor Nicolas Langer, Dr. Mattheus Vischer, Andreas Koj, Professor Tilo Strobach

Aktuelle Studien zeigen, dass das Sprachverständnis durch gezieltes Hörtraining, welches sich den Bedürfnissen des Betroffenen anpasst, trainiert werden kann. Im ersten Teil dieser Beitragsreihe werden die gängigsten in den USA und dem deutschsprachigen Raum verwendeten computerbasierten Hörtrainings vorgestellt und evaluiert. Der zweite Teil geht auf die Frage ein, weshalb Hörverstehen im Alter oft nachlässt und wie das Hörtraining zu Veränderungen im Gehirn führt, die sich dann positiv auf das Sprachverstehen auswirken. Der dritte Teil zeigt schließlich Alternativen zu Hörtrainings auf und gibt eine Reihe Empfehlungen für eine erfolgreiche Hörgeräteversorgung.

Geschichte des Hörtrainings

In der Vergangenheit führten Fachkräfte sowohl für Hörgeräte- als auch für Cochlea-Implantat(CI)-Träger auditorische Trainings durch, indem sie Erkennung, Diskriminierung, Identifikation und Verständnis mit den hörbeeinträchtigten Personen gezielt trainierten. Da das individuelle Training jedoch kostenintensiv war und viel Flexibilität erforderte, entwickelte man Ende des 20. Jahrhunderts verstärkt Lösungen für heimbasiertes, selbstständiges Training (Miller et al. 2012, Ptok et al. 2012). In den USA wurden für das Hörtraining verschiedene Computerprogramme wie zum Beispiel das Speech Perception and Training System (SPATS) (Miller et al. 2007) und die Computer Assisted Tracking Stimulation (CATS) (Dempsey et al. 1992) vorgestellt. In Deutschland kamen die ersten typischen Trainings für zu Hause erst vor circa zehn Jahren auf den Markt und bestanden aus einem CD-Player, Trainings-CDs und einem Trainingsheft. Die Übungen in solchen Paper-and-Pencil-Trainings deckten Basisaufgaben wie das Verstehen von Wörtern, Zahlen und Silben sowie verschiedene Übungen zum Satzverstehen in Ruhe und im Störgeräusch ab. Das Ziel war, Konzentrationsfähigkeit, Wortgedächtnis, akustische Merkfähigkeit und auditive Differenzierung zu schulen. Das Training wurde anspruchsvoller gestaltet, indem man die Übungen in die drei Schwierigkeitsgrade „leicht“, „mittel“ und „schwer“ gliederte. Bei einer Fehlerquote von 50 Prozent wurde die Tagesaufgabe am nächsten Tag wiederholt, wodurch sich der gesamte Trainingszeitraum verlängerte. Obwohl die Trainingseinheiten zunehmend schwieriger wurden, war es nicht möglich, die Übungen an die Fortschritte und Bedürfnisse der einzelnen Personen exakt anzupassen. Daher erstaunt es nicht, dass in einer im Rahmen einer Dissertation durchgeführten Studie mit CI-Trägern eines von diesen Paper-and-Pencil-Trainings als „leicht“ bewertet wurde und die Personen angaben, dass sie nur „manchmal“ daran Spaß hatten (Wizemann 2017). Das ist auch verständlich, wenn man bedenkt, dass die Probanden Trainingshefte manuell ausfüllen mussten und es kein Feedback zum Trainingsfort-



Hörtrainings wirken sich positiv auf das Sprachverstehen aus. Foto: KOJ-Institut

schrift gab. Obwohl ein solch einfaches Training durchaus zu Verbesserungen im Sprachverstehen bei Patienten führen kann, die mit Hörgeräten neu versorgt wurden, war ein Trainingserfolg hauptsächlich bei geringgradigem Hörverlust zu beobachten (Brandt 2018). Eine mögliche Erklärung könnte an der geringen Teilnahme der Probanden (Compliance) liegen, die bei Verständnisschwierigkeiten wegen mangelnden Feedbacks und fehlender Anpassungsfähigkeit des Trainings weniger motiviert waren. Die oben beschriebenen Hörtrainings aus den USA und Deutschland haben sich kaum etabliert, weil zum einen die Kosten von den Krankenkassen nicht übernommen wurden und es zum anderen wenige gute Studien gab, die einen positiven Effekt des Hörtrainings wissenschaftlich evident nachweisen konnten.

Analytisches und synthetisches Hörtraining

Das auditorische Training ist neben der Hörgeräteversorgung eine gängige Methode, um die Hörfähigkeit und das Sprachverständnis zu verbessern. Die Übungen zielen darauf ab, die Sprachwahrnehmung und die kognitiven Prozesse, die beim Hören eine Rolle spielen, zu optimieren. Hörtrainings können

generell in analytische, synthetische oder gemischte Verfahren (Kombination aus beidem) eingeteilt werden (Sweetow und Palmer 2005). Das analytische Training betont den akustischen Inhalt des Signals (zum Beispiel Frequenzzusammensetzung, Lautstärkeschwankungen oder zeitliche Signale) und hat zum Ziel, Geräusche besser zu identifizieren und zu unterscheiden. Damit soll eine bessere Erkennung von Sprachbausteinen, wie beispielsweise Silben, trainiert werden. Synthetisches Training basiert auf den Prinzipien des Wahrnehmungslernens und wurde entwickelt, um die kognitiven Fähigkeiten und das globale Verständnis der Sätze sowie der Botschaft zu fördern. Es verbessert die Fähigkeiten, Kontextinformationen zu integrieren und zu nutzen. Solche Programme sind oft adaptiv, geben sofortiges Feedback, verwenden sowohl akustische als auch visuelle/orthografische Hinweise und setzen die Zuhörer mehreren Rednern gleichzeitig aus.

Während die empirischen Ergebnisse von Studien zum analytischen Training keine einheitlichen Schlüsse zulassen, gibt es Studien, die den Erfolg des synthetischen Trainings beim Sprachverstehen bei Menschen mit Hörverlust demonstrieren (Tabelle 1). In diesen Trainings werden kognitive Funktionen (unter anderem das Arbeitsgedächtnis) trainiert, die in die Sprachverarbeitung involviert sind. Allerdings gibt es auch Hinweise, dass Hörtrainings nicht immer zu signifikanten Verbesserungen kognitiver Funktionen führen. Darauf wird im dritten Teil dieser Beitragsreihe eingegangen.

Computer- und webbasiertes Hörtraining für zu Hause

Durch Internet- und Smartphonetechnologien können Hörtrainingsprogramme heute über Onlineportale und mobile Anwendungen zugänglich gemacht werden. Da die Erwerbskosten für mobile Apps gering sind und der Zugang zu Smartphones oder Tablets weit verbreitet ist, stellt diese Art von Training eine attraktive Option für Personen mit Hörverlust dar. Insbesondere ältere Schwerhörige können von solchen Anwendungen profitieren, weil sich der Schwierigkeitsgrad adaptiv anpasst und das Training in verschiedenen Schwierigkeitsstufen durchgeführt werden kann. Es gibt Hinweise, dass sich computerbasierte auditorische Trainings positiv auf kognitive Defizite – wie zum Beispiel verlangsamte Reaktions- und Verarbeitungsgeschwindigkeit, schlechtes Kurzzeitgedächtnis und nachlassende Aufmerksamkeit – auswirken. Hier kann smarte Software registrieren, bei welchen kognitiven Fähigkeiten die Probleme am größten sind, sodass das Training sich den Defiziten des Teilnehmers laufend individuell anpasst.

Tabelle 1 bietet eine Übersicht über die aktuell am häufigsten verwendeten computerbasierten Trainings für das Gehör. Angel Sound ist ein PC-basiertes, interaktives Hörrehabilitationsprogramm in englischer Sprache, das von TigerSpeech Technology entwickelt und von der Emily Shannon Fu Foundation

Name, Entwickler	Beschreibung und Referenzen	Darstellung, Sprache	Trainingsziel
Angel Sound Emily Shannon Fu Foundation	Das Training ist eine Weiterentwicklung des CASTs. Es basiert auf selbstgesteuerten interaktiven Hörübungen mit über 10 000 Klängen, Wörtern und Sätzen. Spezielle Module für das Training im Lärm, von Telefongesprächen oder mit Musik sind verfügbar. Der Schwierigkeitsgrad passt sich automatisch dem Trainingsfortschritt an. Das Training wurde wissenschaftlich getestet (Fu et al. 2004, Fu and Galvin 2007, Oba et al. 2011).	auditorisch; englisch	Diskrimination, Sprachverständnis
Listening and Communication Enhancement (LACE) Robert Sweetow/ Neurotone	Selbstgesteuertes Trainingsprogramm, das eine Kombination aus analytischen und synthetischen Ansätzen verwendet. Während mehrerer Lektionen werden Sprachverstehen im Lärm und Verstehen von schneller Sprache trainiert. Darüber hinaus gibt es Übungen für Verarbeitungsgeschwindigkeit und das Gedächtnis wird trainiert. Auch hilfreiche Kommunikationstipps begleiten die Teilnehmer. Zu diesem Hörtraining wurden die meisten Wirksamkeitsstudien durchgeführt. Die Studien zeigten Verbesserungen des Sprachverständnisses und der kognitiven Fähigkeiten. Wissenschaftliche Studien belegen die Wirksamkeit des Trainings (Chisolm et al. 2013, Henderson Sabes and Sweetow 2007, Olson et al. 2013).	auditorisch, visuell; englisch	Schalllokalisierung, auditive Selektion, auditives Gedächtnis
Read my Quips Harry Levitt/ Sense Synergy	Basiert auf Kreuzworträtseln, bei denen in jedes Feld ein Wort und in jede Zeile oder Spalte ein lustiger Spruch geschrieben werden müssen. Die Hinweise zur Lösung des Rätsels bekommen die Teilnehmer in Videoaufzeichnungen von insgesamt vier Sprechern, die die Lösung bei Hintergrundgeräuschen aufsagen. Es wird eine Reihe von SNRs benutzt, um die Aufgaben für die Hörer mit der Zeit anspruchsvoller zu gestalten. Demzufolge müssen die Hörer zunehmend lernen, störende Hintergrundgeräusche zu ignorieren, wenn sie ihr Leistungsniveau halten möchten. Das Training wurde wissenschaftlich getestet (Levitt et al. 2011).	auditorisch, visuell; englisch	Sprachverständnis bei Hintergrundgeräusch
KOJ-Gehörtherapie KOJ Hearing Research Center	Das interaktive Computerprogramm dient dazu, den optimalen Nutzen bei der Hörgeräteanpassung zu ermöglichen, indem die Defizite im Sprachverstehen, die beim Training auftreten, bei Einstellungen des Hörgerätes berücksichtigt werden. Weiterhin kann das Training eingesetzt werden, um bei den Patienten im Anfangsstadium des Hörverlustes kognitive Fähigkeiten zu trainieren und so dem kognitiven Verfall entgegenzuwirken. Trainiert werden Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Schnelligkeit und Sprachverstehen. Zu den Basisaufgaben gehören unter anderem das Verstehen von einfachen Wörtern aus einem Satz, Unterscheiden von zwei gleichzeitig sprechenden Personen oder Erkennen von Alltagsgeräuschen. Ebenfalls wird das Verstehen von Hörbüchern trainiert. Studien werden aktuell durchgeführt.	auditorisch, visuell; deutsch	Schalllokalisierung, auditive Selektion, dichotisches Hören, auditives Gedächtnis, visuelles Gedächtnis

Tabelle 1: Übersicht über die gängigsten computergestützten Programme für das Training von besserem Sprachverständnis und dafür notwendigen kognitiven Prozessen

Quelle: KOJ-Institut

kostenlos vertrieben wird. Das Programm eignet sich vor allem als Hörtherapie für CI-Träger. Es bietet ein umfassendes Set an Trainingsmaterialien, mit denen die Erkennung vieler Arten von Geräuschen und auch Sprache trainiert werden kann. Hierzu gehören einfache Töne, Umgebungsgeräusche, einsilbige Wörter, einfache und vertraute Melodien. Die Wörter werden von vier verschiedenen Sprechern abwechselnd gesprochen. Fortgeschrittene Nutzer können auch das Sprachverständnis im Hintergrundgeräusch oder das Verstehen von mehreren Sprechern üben. Wissenschaftliche Studien haben eine Verbesserung des Sprachverständnisses im Störgeräusch bei CI-Trägern gezeigt (Fu et al. 2004, Fu and Galvin 2007, Oba et al. 2011).

Die am besten wissenschaftlich erforschte Anwendung Listening and Communication Enhancement (LACE) wurde von der Firma NeuroTone (Redwood City/CA) entwickelt und stellt ein selbstgesteuertes Trainingsprogramm dar, das eine Kombination aus analytischen und synthetischen Ansätzen verwendet. Die ersten Lektionen dieses englischsprachigen Hörtrainings werden kostenlos zum Ausprobieren zur Verfügung gestellt, weitere sind kostenpflichtig. Nach einer Onlineregistrierung lässt sich das Training von zu Hause an PC oder Tablet durchführen. Die Empfehlung lautet, dass man täglich 30 Minuten, fünf Tage pro Woche über einen Zeitraum von vier Wochen trainieren sollte (Miller et al. 2012) – und zwar mit beiden Hörgeräten. Die einzelnen Trainingseinheiten werden in verschiedene Themenfelder – wie Gesundheit, Geldangelegenheiten oder Sport – gegliedert, die man vor jeder Sitzung selbst wählen kann. Während mehrerer Lektionen werden Sprachverstehen im Lärm, Verstehen von schneller Sprache und Verstehen im Störgeräusch (degradierte Sprache) trainiert. Nach jedem gesprochenen Satz muss der Patient am Bildschirm auswählen, ob er alle Wörter verstanden hat. Die korrekte Antwort wird dann im Anschluss präsentiert. Das Training passt sich dem Fortschritt des Nutzers an. Nach einer korrekten Lösung steigt in der nächsten Übung der Schweregrad (-2 dB). Bei falscher Antwort hingegen sinkt der Schweregrad wieder. Das Training beinhaltet auch eine Reihe von Übungen zu Aufmerksamkeit sowie Gedächtnis und unterscheidet dazu zwischen zwei Aufgabentypen: bei dem ersten muss das fehlende Wort in einem Satz ermittelt werden, bei dem zweiten muss nach einem bestimmten vorgegebenen Zielwort in einem dargebotenen Satz gesucht werden. Nachdem der Patient den Satz gehört hat, entscheidet er, welches Wort vor oder nach dem Zielwort auftrat. Durch die Länge der Sätze oder die Zeitspanne, über die man sich das Wort merken kann, wird der Schweregrad individuell angepasst. Zum LACE-Hörtraining wurden die meisten Wirksamkeitsstudien durchgeführt (Olson et al. 2013). Sie konnten Verbesserungen der Wahrnehmungsfähigkeiten und der kognitiven Fähigkeiten nachweisen (Sweetow und Sabes 2006, Olson et al. 2013). Zudem zeigten sich positive Effekte auf das Kurzzeitgedächtnis sowie eine Steigerung der Verarbeitungsgeschwindigkeit (Anderson et al. 2013).

Das Hörtrainingsprogramm ReadMyQuips (RMQ) in englischer Sprache steht den Nutzern von Hörgeräten des amerikanischen Herstellers Starkey zur Verfügung. Auch hier gibt es ein kostenloses Basistraining und eine kommerzielle Vollversion. RMQ besteht aus Kreuzworträtselaufgaben: In jedes Feld muss der Patient ein Wort und in jede Zeile oder Spalte einen lustigen Spruch hineinschreiben (Pizarek et al. 2013). Hinweise zur Lösung erhalten die Teilnehmer in Videoaufzeichnungen von insgesamt vier Sprechern. Die Sprecher sagen den Spruch, der in eine bestimmte Zeile oder Spalte gehört, auf. Das Programm wendet eine Reihe von SNRs an, um die Hintergrundgeräusche bei den Videos zu modulieren und so die Aufgaben mit zunehmender Leistung anspruchsvoller zu gestalten. Demzufolge müssen die Zuhörer lernen, störende Hintergrundgeräusche zu ignorieren, wenn sie ihr Leistungsniveau halten möchten. Das Training wurde in einer Pilotstudie mit zehn Probanden getestet, die nach einer dreiwöchigen Periode mit täglich 30 Minuten Training deutliche Verbesserungen im Sprachverständnis bei Hintergrundgeräuschen zeigten (Levitt et al. 2011).

Ein in Deutschland und der deutschsprachigen Schweiz etabliertes multimodales Hörtherapieprogramm, das auf sehr ähnlichen Grundsätzen wie das LACE-Training basiert, ist die KOJ-Gehörtherapie. Genauso wie das LACE-Training dient das Computerprogramm dazu, den optimalen Nutzen bei Anpassung der Hörgeräte zu ermöglichen: Es berücksichtigt einerseits die beim Training im Sprachverstehen auftretenden Defizite bei den Hörgeräteeinstellungen und passt andererseits die Hörgeräteeinstellungen an Trainingsfortschritte graduell an. Weiterhin kann das Training eingesetzt werden, um bei den Patienten im Anfangsstadium des Hörverlustes kognitive Fähigkeiten zu trainieren. Ziel ist es, dem weiteren Verfall kognitiver Funktionen, die beim Sprachverstehen eine Rolle spielen, entgegenzuwirken. Das Einbeziehen des Patienten in den therapeutischen Prozess wirkt sich positiv auf Vertrauen und Motivation aus. Die verschiedenen Übungen sind auf einen Zeitraum von zwei bis drei Monaten mit einer täglichen Trainingszeit von ungefähr 30 bis 40 Minuten (eine Lektion) ausgelegt. Das Training beinhaltet 40 Lektionen mit einer Option auf Verlängerung. Jede Lektion besteht aus einer Reihe von Übungen. Insgesamt gibt es 20 verschiedene Übungstypen, in denen verschiedene Aspekte der Sprachwahrnehmung und der kognitiven Fähigkeiten trainiert werden. Ein Überblick über verschiedene Trainingsmodalitäten ist in Tabelle 2 dargestellt.

Zu den Aufgaben des Trainings gehören unter anderem das Verstehen von einfachen Wörtern aus einem Satz mit und ohne Hintergrundgeräusch, das Fokussieren auf eine Stimme, während eine andere Stimme gleichzeitig ertönt oder das Erkennen von Alltagsgeräuschen. Ebenfalls werden das Verstehen von Hörbüchern und das auditorische Gedächtnis trainiert. Die Wörter und Sätze werden von einer männlichen, einer weiblichen oder der Stimme eines Kindes gesprochen, um akustische Variationen darzustellen. Einige Aufgaben trainieren zudem die Verarbeitungsgeschwindigkeit. Diese wird durch die Zeit

trainierte Fähigkeiten	Beispielübungen
akustische Lokalisation	Erkennen, aus welcher Richtung die Stimuli kommen, wenn zwei verschiedene Wörter jeweils von rechts und links zeitgleich ertönen
audiovisuelle Integration	Abgleich von einem Bild und einem gesprochenen Wort
auditives und visuelles Gedächtnis	Hörmemory – Paare von akustisch präsentierten Wörtern finden
	Merken von sinnfreien Silbenfolgen
	Silben sortieren und zu einem Wort zusammenfügen
	Zahlen und Wörter merken (vorgegebene Reihenfolge und rückwärts)
auditive Analyse	Verstehen schneller Sprache
akustische Separation	Verstehen von zwei gleichzeitig gesprochenen Wörtern
akustische Selektion	Verstehen von einer Stimme und Ausblenden einer anderen bei zwei gleichzeitig sprechenden Personen
auditive Aufmerksamkeit	Detektion von bestimmten Wörtern in einem längeren gesprochenen Text

Tabelle 2: Fähigkeiten, die in der KOJ-Gehörtherapie trainiert werden, sowie die zugehörigen Beispielübungen Quelle: KOJ-Institut

definiert, die eine Person benötigt, um eine kognitive Aufgabe durchzuführen, und hängt von der Geschwindigkeit ab, mit der eine Person erhaltene Informationen verstehen und darauf reagieren kann. Die Patienten müssen zum Beispiel bei einem laufenden Timer bestimmte auditorische und visuelle Aufgaben lösen.

Das gesamte Training ist derart konzipiert, dass die Schwierigkeit der Aufgaben und die Lautstärke des Störgeräusches schrittweise gesteigert werden. Wenn also eine Aufgabe fehlerfrei gemacht wurde, wird die nächste Aufgabe schwieriger sein und umgekehrt. Auf diese Weise wird das Training an die Bedürfnisse jedes Einzelnen angepasst; Langeweile und Frustration werden dadurch minimiert. Die Entwicklung des Patienten wird erfasst und genau überwacht – mehrmals pro Monat werden Zwischentests zur Kontrolle beim Hörakustiker durchgeführt. Obwohl es bisher keine evidenzbasierte Literatur zur Bewertung der KOJ-Gehörtherapie gibt, ergab eine in eigenen Räumlichkeiten durchgeführte Pilotstudie ein um bis zu 87 Prozent besseres Sprachverständnis bereits nach vier Wochen. Die Messung des Sprachverständnisses wurde mit einem Test durchgeführt, bei dem die Personen mit und ohne Störgeräusch Konsonanten in auditorisch präsentierten Silben identifizieren mussten (Phonemmessung). Der Vorteil der Verwendung von einfachen Silben mittels der Phonemmessung gegenüber den gängigen Sprachtests wie dem Freiburger Sprachtest (Hoth 2016) und dem Oldenburger Satztest (Kollmeier et al. 2011), in denen Wörter und Sätze identifiziert werden müssen, lag darin, dass man bei sinnfreien Silben den richtigen Konsonanten nicht erschließen konnte, sondern genau zuhören musste.

Das KOJ Hearing Research Center führt im Moment eine randomisierte kontrollierte Studie in Kooperation mit der Univer-

sität Zürich, Universität Fribourg, Medical School Hamburg und Universität Köln durch. In dieser Studie soll die klinische Wirksamkeit dieses Trainings zum einen bei der Verbesserung des Sprachverstehens – vor allem bei anspruchsvollen Bedingungen wie Lärm oder konkurrierenden Sprechern – untersucht werden und zum anderen die Effekte auf die Verbesserung des Sprachgedächtnisses und der Aufmerksamkeit getestet werden. Außerdem wird die Wirkung des Trainings auf die Anzahl und die Qualität der sozialen Beziehungen durch Fragebögen erhoben. Zur Erhöhung und Verbreitung von digitalem Training wird die KOJ-Gehörtherapie ab Sommer 2019 von verschiedenen Schweizer Hörakustikern angeboten. Dadurch werden weitere Daten gesammelt und ausgewertet, wodurch mehr Betroffene von dem aktuellen Stand der Entwicklung profitieren können.

Fazit

Die gängigsten computerbasierten auditorischen Trainingsprogramme verfolgen das Ziel, kognitive Fähigkeiten zu schulen, die für das Sprachverstehen eine grundlegende Rolle spielen. So können vor allem das Hören und Verstehen in schwierigen Situationen – zum Beispiel bei gleichzeitigem Störlärm – systematisch trainiert werden. Das verbesserte Sprachverständnis ist hilfreich bei der sozialen Integration und wirkt sich dadurch positiv auf die Lebensqualität aus.

Ein Dank gilt Professor Dr. Martin Ptok (Klinik für Phoniatrie und Pädaudiologie, Medizinische Hochschule Hannover), der sich am Korrekturlesen des Manuskriptes beteiligte.

Literatur

Anderson S, White-Schwoch T, Parbery-Clark A, Kraus N (2013) Reversal of age-related neural timing delays with training. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 110, S. 4357–4362, <https://doi.org/10.1073/pnas.1213555110>

Brandt CC (2018) Prospektive Studie zum Effekt eines Hörtrainings auf die binaurale Erstversorgung von Probanden mit einer Schallempfindungsschwierigkeit, <https://doi.org/10.22032/dbt.37939>

Chisolm TH, Saunders GH, Frederick MT, McArdle RA, Smith SL, Wilson RH (2013) Learning to listen again: the role of compliance in auditory training for adults with hearing loss. In: American Journal of Audiology 22, S. 339–342, [https://doi.org/10.1044/1059-0889\(2013\)12-0081](https://doi.org/10.1044/1059-0889(2013)12-0081)

Dempsey JJ, Levitt H, Josephson J, Porrazzo J (1992) Computer-assisted tracking simulation (CATS). In: Journal of the Acoustical Society of America 92, S. 701–710

Fu QJ, Galvin J, Wang X, Nogaki G (2004) Effects of auditory training on adult cochlear implant patients: a preliminary report. In: Cochlear Implants International 5, Supplement 1, S. 84–90, <https://doi.org/10.1179/cim.2004.5.Supplement-1.84>

Fu QJ, Galvin JJ (2007) Perceptual Learning and Auditory Training in Cochlear Implant Recipients. In: Trends in Amplification 11, S. 193–205, <https://doi.org/10.1177/1084713807301379>

Henderson Sabes J, Sweetow RW (2007) Variables predicting outcomes on listening and communication enhancement (LACE) training. In: International Journal of Audiology 46, S. 374–383, <https://doi.org/10.1080/14992020701297565>

Hoth S (2016) Der Freiburger Sprachtest. In: HNO 64, S. 540–548, <https://doi.org/10.1007/s00106-016-0150-x>