

# Moderne Hör-Diagnostik

Von Thomas Brand und Birger Kollmeier



Sprachaudiometrie mit dem Oldenburger Kinder-Reimtest.

"Oldenburger Satztest", "Oldenburger Kinder-Reimtest" und "Oldenburger Hörfeldskalierung" sind Beispiele aus einem Repertoire neuer, zumeist Computer-gesteuerter Messverfahren für die Hördiagnostik und Hörgeräteversorgung, die im engen interdisziplinären Verbund aus (psycho-)physikalischer Grundlagenforschung, klinischer Audiologie und (Test-)Psychologie in Oldenburg entwickelt wurden. Besonderes Gewicht liegt bei den Sprachverständlichkeitstests, die eine natürliche Kommunikationssituation (zumeist mit Störgeräusch-Einfluss) möglichst reproduzierbar und aussagekräftig nachbilden sollen.

"Oldenburger Satztest", "Oldenburger Kinder-Reimtest" and "Oldenburger Hörfeldskalierung" are examples from a battery of new, mostly computer-controlled measurement methods for the diagnosis of hearing disorders and fitting of hearing instruments. They have been developed within an interdisciplinary consortium covering (psycho-)physical basic research, clinical audiology and test psychology in Oldenburg. Special emphasis is given to speech intelligibility tests that try to simulate a natural communication situation (often with ambient noise) in a reproducible and valid way.

Die Diagnose von Hörstörungen oder die Anpassung einer technischen Hörhilfe ist nur so gut wie die Aussagekraft der mit dem individuellen Patienten durchgeführten Testverfahren. Da Physiker traditionell besonderes Augenmerk auf Messmethoden richten, ist es nicht verwunderlich, dass besondere Anstrengungen zur Entwicklung moderner audiologischer Testverfahren in unserer Arbeitsgruppe unternommen wurden. Das dabei entwickelte Methodeninventar reicht von "subjektiven" Testverfahren, die die aktive Mitwirkung des Patienten erfordern (psychoakustische Testverfahren und Sprachverständlichkeitstests), bis hin zu "objektiven", ohne aktive Mithilfe des Patienten durchführbare Messverfahren, wie otoakustische Emissionen oder Hirnstamm-Audiometrie.

Die für unser tägliches Leben wichtigste Aufgabe des Gehörs ist das Verstehen von Sprache. Eine Hörstörung kann die Kommunikationsfähigkeit soweit reduzieren, dass soziale Kontakte stark beeinträchtigt werden, worunter die gesamte Lebensqualität leidet. Um die Beeinträchtigung des Sprachverstehens durch eine Hörstörung sowie den eventuellen Anpasserfolg eines

Hörgerätes angemessen zu quantifizieren, werden Sprachverständlichkeitstests verwendet. Leider sind die im deutschen Sprachraum verwendeten Tests veraltet und unzulänglich. Die Probleme reichen von einer unglücklichen Wahl der Testwörter, z.B. "Sarg" oder "Schwein", bis hin zu Testlisten mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad. Letzteres führt dazu, dass der "erfahrene" Hörgeräteakustiker oder HNO-Arzt durch die Wahl einer einfachen bzw. schwierigen Testliste das Ergebnis beeinflussen kann. Das ist auch deshalb problematisch, weil solche Tests über die Bewilligung eines Hörgeräts oder einer Rente entscheiden. Diese Unzulänglichkeiten haben die Oldenburger Arbeitsgruppe motiviert, neue Sprachverständlichkeitstests zu entwickeln.

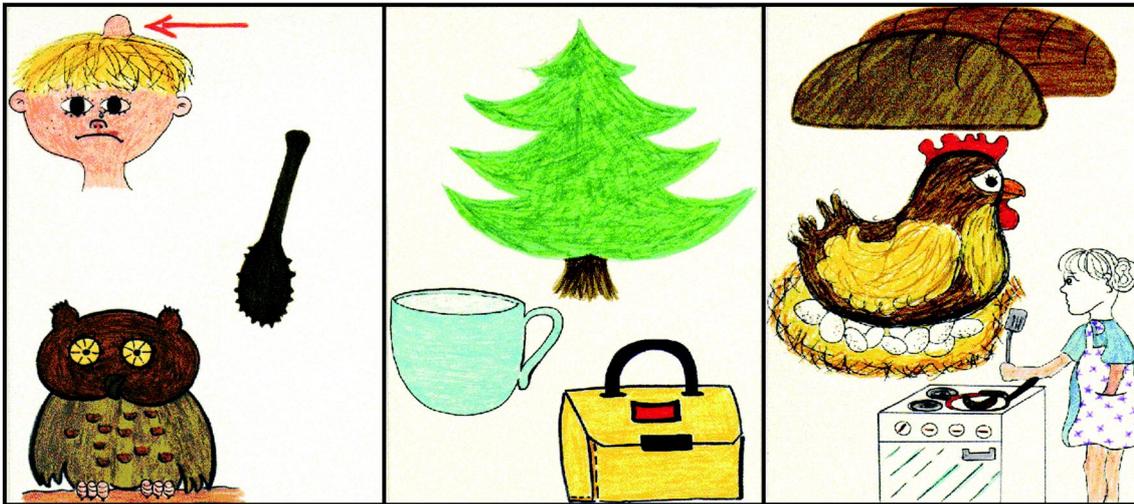
## Die Entwicklung des Oldenburger Kinder-Reimtests

Um das Sprachverstehen in Ruhe zu bestimmen, wird in der Regel die Verständlichkeit von einzelnen Wörtern ohne Satzzusammenhang geprüft. D.h. die Fragestellung beschränkt sich auf rein akustische Merkmale (die deutlich schwieriger zu

## Anlaut Konsonant

## Inlaut Konsonant

## Inlaut Vokal



Beispiel für die Antwortkarten des Oldenburger Kinder-Reimtests, der für den praktischen Gebrauch in der Kinder-Audiometrie vom Hörzentrum Oldenburg produziert wurde und vertrieben wird (Compact Disc mit Testbögen, Anleitung und Hintergrundinformationen).

## Beule - Keule - Eule

## Tanne - Tasse - Tasche

## Brote - brüte - brate

verstehen sind als Wörter in einem Satzzusammenhang). Charakteristisch für die neuen Tests ist, dass die Versuchsperson die Antwort aus einer vorgegeben Anzahl von Wörtern auswählt, die sich jeweils nur in einem Phonem unterscheiden. Da sich hieraus Antwortalternativen wie z.B. "Sinn", "Kinn", "bin", "hin" und "Zinn" ergeben, werden diese Tests *Reimtests* genannt. Ein Vorteil dieses 'geschlossenen Antwortformats' liegt darin, dass bei der Durchführung des Tests genau bekannt ist, welche Phoneme auf ihre Verständlichkeit getestet werden.

Der Oldenburger Kinder-Reimtest überträgt dieses Prinzip auf die Kinder-Audiometrie. Hier werden die Antwortalternativen nicht mehr schriftlich, sondern auf kindgerechten Bildkarten dargestellt (z.B. die Wörter *Beule*, *Keule*, *Eule*). Im Vergleich mit den Reimtests für Erwachsene ergaben sich bei der Konstruktion des Kindertests zusätzliche Schwierigkeiten. So musste bei der Auswahl der Testwörter darauf geachtet werden, dass sie im Wortschatz von Kindern vorkommen, und zwar auch dann, wenn die sprachliche Entwicklung durch die Schwerhörigkeit verspätet ist. Außerdem mussten sich die Antworten bildlich darstellen lassen. Die Verständlichkeit aller Testwörter wurde mit 250 normalhörenden Schulkindern getestet. Das Resultat war die Zusammenstellung von zehn gleichverständlichen Testlisten mit jeweils zwölf Wörtern.

### Satztests im Störgeräusch mit zehntausend Möglichkeiten

Schwerhörige Personen leiden besonders in geräuschbehafteter Umgebung unter einer eingeschränkten Kommunika-

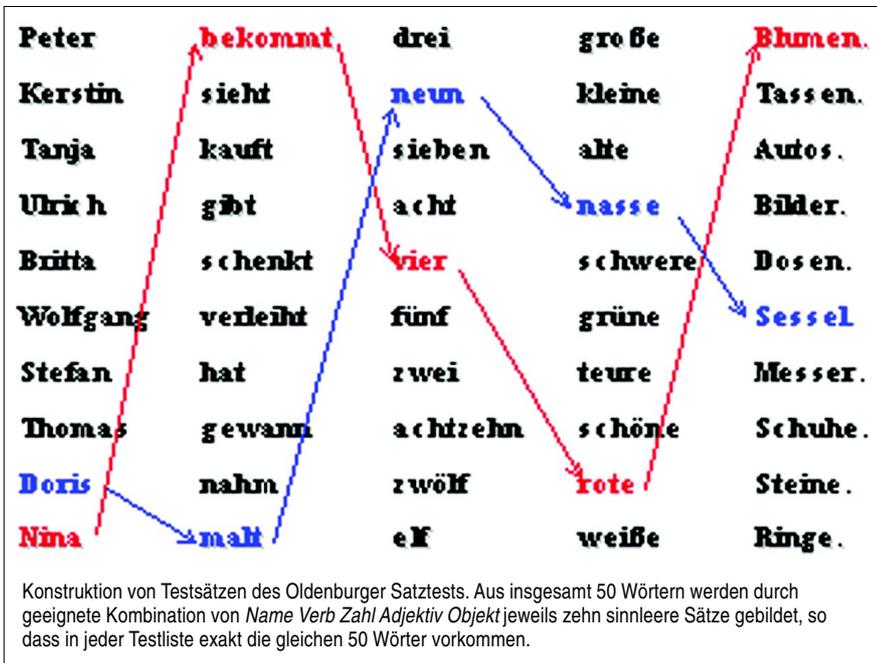
tionsfähigkeit ("Cocktailparty-Effekt"). Eine wichtige Aufgabe der Sprachaudiometrie ist die Erfassung des Sprachverstehens und des Anpasserfolges von Hörgeräten bei Störgeräuschbedingungen. Die Anforderungen an die Messgenauigkeit des Tests sind hier besonders hoch. Ist man üblicherweise bei der Sprachaudiometrie in Ruhe mit einer Reproduzierbarkeit von 5 dB zufrieden, so ist im Störgeräusch eine Reproduzierbarkeit von 0,5 dB wünschenswert. Dies liegt daran, dass bereits kleine Veränderungen des Signal-Rausch-Verhältnisses dramatische Auswirkungen auf die Verständlichkeit haben können. Um diese hohe Reproduzierbarkeit zu erreichen, ist eine besonders sorgfältige Konstruktion und Optimierung des Tests erforderlich. Hierfür wird die Verständlichkeit einer großen Anzahl von Testsätzen mit normalhörenden Testpersonen gemessen. Im eigentlichen Satztest werden nur Sätze mit gleicher Verständlichkeit verwendet.

Ein etwas anderer Weg wurde beim Oldenburger Satztest beschritten. Hier haben alle Sätze die Struktur *Name Verb Zahl Adjektiv Objekt*. Durch Verwüfelung innerhalb der einzelnen Wortgruppen einer einzigen Basisliste mit zehn Sätzen ergeben sich 10.000 Möglichkeiten. Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass die Sätze nicht auswendig gelernt werden können. Der Test kann deshalb beliebig oft wiederholt werden, was besonders bei Forschungsstudien wichtig ist, bei denen lange Testreihen mit einer Versuchsperson durchgeführt werden müssen. Die zur praktischen Durchführung des Oldenburger Satztests notwendigen Unterlagen (Compact Disc, Audiometrieformulare, Testanleitung, Hin-

tergrundinformation) wurden, ebenso wie für den Oldenburger Kinder-Reimtest, vom Hörzentrum Oldenburg produziert und sind kommerziell verfügbar.

### Schwer zu fassende psychologische Effekte

Beim Versuch, das gestörte Hörvermögen durch Hörgeräte wiederherzustellen, tritt das praktische Problem auf, dass die für leise akustische Ereignisse erforderliche hohe Verstärkung bei lauten Ereignissen zu unangenehm lauten Empfindungen führt. Der Grund hierfür liegt in dem *Recruitment-Phänomen*, mit dem man die Beobachtung beschreibt, dass bei vielen Schwerhörigen die Lautheit in Abhängigkeit vom Pegel schneller ansteigt als bei Normalhörenden. Die individuelle Pegel-Lautheits-Funktion eines Patienten lässt sich mit der *kategorialen Lautheitsskalierung* bestimmen. Hierbei werden der Versuchsperson eine Reihe von unterschiedlichen Stimuli dargeboten, deren Lautheit auf einer 11-stufigen Skala mit Kategorien wie "unhörbar", "sehr leise", "leise" bis "zu laut" beurteilt werden sollen. Dieses zunächst sehr einfach erscheinende Messverfahren wird durch für den Physiker schwer zu fassende psychologische Effekte gestört. So wird die Lautheit eines Signals niemals absolut, sondern immer im Kontext der vorhergehenden Signale beurteilt. Um Verfälschungen zu vermeiden, müssen die Darbietungspegel in geeigneter Weise verwüfelt werden. Eine weitere Bedingung ist, dass die Darbietungspegel die vollständige Hördynamik der Versuchsperson abdecken sollen, ohne diese zu überschreiten. Die Ab-



deckung der gesamten Hördynamik (von "gerade hörbar" bis "zu laut") bei gleichzeitiger Verwürfelung der Messpegel setzt streng genommen jedoch die Kenntnis des Ergebnisses bereits vor der Messung voraus. Um dieses Problem zu lösen, behilft man sich mit einer adaptiven Pegelsteuerung, die die Antworten der Versuchsperson bereits während der Messung auswertet, um sich der optimalen Wahl der Messpegel anzunähern. Bei der "Oldenburger Hörfeldskalierung" wird durch diese Kombination aus 11-stufiger Skala und adaptiver Pegelsteuerung ein Optimum aus Messgenauigkeit und dazu notwendigem Messzeitaufwand angestrebt.

### Otoakustische Emissionen und Niedrigpegel-Reflexaudiometrie

Einen ganz anderen Ansatz zur Hördiagnostik verfolgen die so genannten objektiven Messverfahren, bei denen physiologische Parameter erfasst werden (z.B. die auf der Kopfhaut messbare elektrische Spannung als Reaktion auf einen akustischen Reiz, siehe dazu auch den Beitrag von Torsten Dau), um einen Hörtest auch ohne Mitwirkung des untersuchten Patienten durchzuführen. Dies ist insbesondere bei Kleinkindern oder bewusstlosen Patienten erforderlich, zumal die physiologischen Parameter oft eine bessere Eingrenzung des möglichen Hörschadens erlauben.

Als besonders einfache und schnelle Methode haben sich die *otoakustischen Emissionen* bewährt, d.h. leise, mit einem emp-

findlichen Mikrophon im abgeschlossenen Gehörgang aufzeichnbare Schalle, die durch "aktive Prozesse" vermutlich von den äußeren Haarzellen im intakten Innenohr ausgesendet werden. Bei ca. 80 Prozent der normalhörenden Personen können sie spontan (d.h. ohne einen äußeren akustischen Reiz) auftreten, ohne dass sie subjektiv wahrgenommen werden. Deshalb besteht kein Zusammenhang zu den bei Hörstörungen oft auftretenden Ohrgeräuschen ("Tinnitus"). Bei einem noch höheren Prozentsatz normalhörender Personen treten otoakustische Emissionen als Antwort auf einen kurzen akustischen Reiz auf ("transient evozierte otoakustische Emissionen"). Ihr Ausbleiben kann dagegen als erster Hinweis auf einen Innenohr-Schaden gewertet werden, so dass sie als Screening-Test bei Neugeborenen eingesetzt werden. Eine größere Aussagekraft wird durch die Verwendung eines geeigneten *Chirp-Signals* (d.h. Durchfahren von tiefen zu hohen Frequenzen) erreicht: Im Vergleich zum standardmäßig eingesetzten kurzen *Click-Signal* ist hier das Signal-Rausch-Verhältnis besser und man kann den Unterschied zwischen einer Tiefton- und Hochton-Schwerhörigkeit besser objektiv erfassen. Dieses von unserer Arbeitsgruppe eingeführte Mess-Paradigma hat sich allerdings noch nicht bei den kommerziell verfügbaren Diagnose-Geräten durchgesetzt.

Auch ein weiteres, eng damit verwandtes objektives Diagnostik-Verfahren unserer Arbeitsgruppe steht noch an der Schwelle zur klinischen Einführung: Bei der

Niedrigpegel-Reflexaudiometrie wird ein Stimulus zweimal kurz hintereinander akustisch dargeboten. Zugleich wird im abgeschlossenen äußeren Gehörgang der Schalldruck als Reaktion auf sowohl den ersten Stimulus als auch den zweiten Stimulus gemessen und die Differenz gebildet. Dieses Differenzsignal ist bei kleinen Stimuluspegeln nahezu Null. Bei höheren Stimuluspegeln löst der erste Stimulus den *Stapedius-Reflex* aus, d.h. einen Schutzreflex des Ohrs durch den *musculus stapedius*: Dieser kleinste Muskel im menschlichen Körper verankert den Steigbügel im Mittelohr so, dass die Schallübertragung zum Innenohr etwas schlechter wird. Dadurch fällt die Antwort auf den zweiten Stimulus etwas anders aus als die Antwort auf den ersten Stimulus. Das gemittelte Differenzsignal ist daher ein guter Indikator für die Auslösung des Stapedius-Reflexes.

Durch unsere inzwischen patentierte Methode kann der Stapedius-Reflex schon bei wesentlich geringeren Lautstärken bzw. Schallpegeln gemessen werden als bei der konventionellen Stapedius-Reflexaudiometrie, woraus eine geringere Schallbelastung des Patienten resultiert. Dies ist insbesondere bei der Untersuchung von Kindern und bei Patienten mit vorgeschädigtem Gehör (z. B. Hörsturz, Tinnitus) von entscheidender, auch mediko-legaler Bedeutung. Die höhere Auslösbarkeit bei Normalhörenden führt zudem zu einer höheren diagnostischen Wertigkeit dieser Methode als die konventionelle Methode. Damit besitzt die Methode das Potenzial, die derzeit häufig angewandten transient evozierten otoakustischen Emissionen als Screening-Test für frühkindliche Hörstörungen abzulösen oder gar Hilfen bei der Anpassung von Hörgeräten bei Kindern zu liefern.

### Die Autoren



Dr. Thomas Brand, wiss. Mitarbeiter am Fachbereich Physik, AG Medizinische Physik. Physikstudium 1989 bis 1994 in Göttingen und Oldenburg. 1999 Promotion. Forschungsschwerpunkte: Entwicklung effizienter Messverfahren für die Audiologie, Sprachaudiometrie, Einfluss auditiver Störungen auf das Sprachverstehen. (Prof. Dr. Dr. Birger Kollmeier s. S. 8)