

1998

Experimenteller Nachweis audiophonatorischer Rückkopplung bei Säuglingen und deren Bedeutung zur Früherkennung und Hörgeräteanpassung bei angeborenen hochgradigen Schwerhörigkeiten

Durch die Einführung eines universellen Hörscreenings für Neugeborene ist zu erwarten, dass in Zukunft viele angeborenen schwerhörige Kinder sofort nach der Geburt mit apparativen Hörhilfen versorgt werden können. Bei schwerhörigen Kindern, die erst vom 2. Lebensjahr an mit Hörhilfen versorgt werden, können zur Erfolgskontrolle der Versorgung Daten der rezeptiven und expressiven Sprachentwicklung herangezogen werden. Bei Versorgungen von Säuglingen jünger als 12 Monate ist man derzeit ausschließlich auf die Verhaltensbeobachtung der Kinder angewiesen. Dabei entwickeln sich Richtungsgehör und Silbenverdopplungen erst mit einer Hörerfahrung von 4 bis 6 Monaten, bei Schwerhörigen noch später, und stehen damit für die Erfolgskontrolle einer Hörgeräteversorgung im ersten Lebensjahr noch nicht zur Verfügung. Deshalb sollte geprüft werden, ob sich die sog. Audiophonatorische Rückkopplung, d.h. die hörkontrollierte Stimmkontrolle, als neues Instrument zur Beurteilung des Hörverhaltens verwenden lässt. Dazu wurde ein vierteiliges Forschungsprojekt entwickelt, in dem die Stimmsignale von 24 normalhörenden (Gruppe I) und 18 hochgradig schwerhörigen Säuglingen (Gruppe II) aufgenommen und analysiert wurden.

Im Teil 1 wurde ein zweiteiliger psychoakustischer Hörversuch durchgeführt, bei dem erwachsene Versuchspersonen entscheiden sollten, ob Säuglingsschreie ihrer Meinung nach von einem normalhörenden oder von einem schwerhörigen Säugling stammen. Außerdem sollten die Versuchspersonen die Schreie nach der Methode des Semantischen Differentials bewerten. Die meisten Versuchspersonen erzielten Erkennungsraten im Bereich der Ratewahrscheinlichkeit (Erkennungsrate $\approx 0,5$). Nur Kinderkrankenschwestern und Hebammen konnten eine bessere Aussage treffen (Erkennungsrate $\approx 0,75$, paarweiser Test nach Mann-Whitney, $p < 0,05$, signifikant). Die Schreie schwerhöriger Säuglinge wurden im allgemeinen als „weniger abgehakt“ und als „schwächer“ empfunden. In der Hauptkomponentenanalyse konnten drei Faktoren ermittelt werden, die typisch für Schreie normalhörender und schwerhöriger Kinder waren. Damit war der Beweis erbracht, dass sich Schreie der untersuchten schwerhörigen Säuglinge wirklich von denen normalhörender auditiv unterscheiden lassen.

Im Teil 2 der Arbeit wurden Versuche mit sog. zeitverzögerter auditiver Rückkopplung (delayed auditory feedback, DAF) durchgeführt (Cullen et al. 1968), von der bekannt ist, dass bei hörenden Individuen die audiophonatorische Rückkopplung, d.h. die Stimm- (und Sprech-) Kontrolle, gestört wird. Bei normalhörenden Säuglingen konnte meist eine Abnahme der Schreidauer und Pausen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schreien festgestellt werden (ANOVA, $p = 0,0419$, signifikant). Außerdem verringerten sich die Standardabweichungen als Ausdruck einer geringeren Variabilität, im Gegensatz zu schwerhörigen Säuglingen (ANOVA, $p = 0,6340$, nicht signifikant). Anhand dieses Verhaltens auf DAF konnte bei

24 von 32 Säuglingen vorhergesagt werden, ob sie schwerhörig sind oder nicht ($p < 0,005$, χ^2 -Test, $F=2$).

Im Teil 3 der Arbeit wurden auf der Grundlage des Quelle-Filter-Modells nach Golub (1980) akustische Parameter untersucht (sog. akustische Merkmalsextraktion). Schwerhörige Säuglinge unterschieden sich von normalhörigen signifikant hinsichtlich bestimmter spektraler, cepstraler, melodischer und rhythmischer Parameter.

Im Teil 4 wurde ein Verfahren entwickelt, die Säuglinge mit diesen Parametern automatisiert zu klassifizieren. Dazu wurden Künstliche Neuronale Netze eingesetzt, in diesem Fall sog. topographische Merkmalskarten (Topographic Feature Maps, TFMs nach Kohonen, 1990). Die Funktion der TFMs lässt sich anhand eines Beispiels (Abb.) demonstrieren. Die Abbildung zeigt vier Aktivitätskarten, in denen sog. Gewinnerneuronen (G) der akustischen Analyse bei normalhörigen und schwerhörigen Säuglingen dargestellt sind. Die Vokalisationen der Säuglinge auf der jeweils linken Seite beider linken Karten werden „eindeutiger“ klassifiziert, denn die aktiven Neuronen liegen alle auf der linken („normalhörenden“) Seite. Bei den Schreien des rechten Säuglings verhält es sich anders: dort sind beim Schrei der oberen Karte die „normalhörende“ und bei demjenigen der unteren Karte die „schwerhörige“ Seite aktiv, d.h. es kann keine eindeutige Zuordnung getroffen werden. Die Klassifikationsergebnisse über alle trainierten Netze lagen bei einer sog. 50 %-Schwellenentscheidung zwischen 57,0 und 79,8 % und bei einer sog. 33-66 %-Schwellenentscheidung zwischen 61,5 und 87,7 %. Dabei wurde so weit wie möglich ausgeschlossen, dass das Alter der Säuglinge einen Einfluss auf die Klassifikation nehmen konnte.

Die Erkennungsraten von im Mittel 75 % lagen zwar in der Größenordnung anderer Anwendungen Künstlicher Neuronaler Netze in der Medizin, machen aber angesichts der um 25 % falschen Klassifikationen unbedingt weitere Validisierungsstudien erforderlich, bevor eine routinemäßige klinische Anwendung empfohlen werden kann. Nichtsdestoweniger wurde die Erkenntnis gewonnen, dass stimmliche Muster hochgradig schwerhöriger Säuglinge prinzipiell als pädaudiologisches Hilfsmittel einsetzbar sind.

Eine zukünftige praktische Bedeutung der Ergebnisse könnte auch darin liegen, dass nach einer Versorgung mit Hörgeräten und lautsprachlicher Frühförderung bzw. Früherziehung Veränderungen der Vokalisationen zu erwarten wären, die als Hinweise für eine audiophonatorische Rückkopplung - als Voraussetzung für den Spracherwerb - zu interpretieren wären. Beim Ausbleiben einer audiophonatorischen Rückkopplung trotz Hörgeräteversorgung könnte auf der Grundlage eines neuen instrumentellen Verfahrens eine Indikation zum Cochlear Implant erfolgen, die damit frühzeitiger und hörphysiologischer als bisher möglich wäre.

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes werden durch andere aktuelle Arbeiten gestützt, die ebenfalls bei 3-5 Monate alten Kindern eine auditive Kontrolle der Lautgebung nachgewiesen haben (z.B. Kuhl & Meltzoff 1996). Damit scheinen Säuglinge bereits vor Beginn der 2. Lallphase (etwa 6. Lebensmonat) in der Lage zu sein, die eigene Stimmgebung und Lautformung auditiv zu kontrollieren. Diese Leistungen könnten angeboren sein und/oder auf vorgeburtlicher Hörerfahrung beruhen. Sie können als wichtiger Bestandteil der Hör- und Sprachentwicklung

angesehen werden. Tierexperimentell wurde mehrfach nachgewiesen, dass eine Schalldeprivation bzw. eine artifizuell herbeigeführte Schwerhörigkeit zu einer Störung der Reifung und Funktion der zentralen Hörbahn führt (z.B. Keilmann & Herdegen 1997 sowie Webster & Webster 1977), womit eine neurophysiologische Erklärung der hier vorgestellten Ergebnisse möglich wird.

Das Projekt wurde gefördert mit Mitteln der Deutschen Forschungsgemeinschaft, DFG (Az. Schö 555-1-1 und Bl 189/20-1)