

Physiologische Grundlagen der kindlichen Hörentwicklung und Hörerziehung

Manfred Spreng

Institut für Physiologie I, Arbeitsgruppe Biokybernetik, Universität Erlangen

Kontakt: spreng@ipb.uni-erlangen.de

Einleitung

Hören und Sprechen sind mit Abstand die dynamischsten und komplexesten Leistungen der menschlichen Informationsverarbeitung überhaupt. Sie sind entscheidende Mittel zur Entfaltung der Persönlichkeit sowie zur Auseinandersetzung mit der Umwelt. Sie übertreffen dabei deutlich die Leistung bei der visuellen Wahrnehmung. Das Gehör ist empfindlicher und schneller.

Man muss heutzutage die Vermutung äußern, dass die allgemein erzieherische Einwirkung auf diesen, den geistigsten Sinn des Menschen nicht mehr optimal angepasst, nicht mehr ausreichend und nicht mehr zielgerichtet stattzufinden scheint.

Dabei spielen wohl reduzierte Kommunikationszeiten im Elternhaus, generelle Reizüberflutung mit gigantischer Überbetonung des Visuellen, entwicklungshemmende Störeinflüsse wie z. B. Lärm, Verlust der Hörfähigkeit hinsichtlich leiser akustischer Gegebenheiten usw. eine beachtliche Rolle.

Andererseits sind oft den für die Hörerziehung Verantwortlichen wesentliche Grundlagen von kindlichen Entwicklungsvorgängen und Entwicklungsstadien nur wenig bekannt.

Vorgeburtlicher Ablauf des Spracherwerbs

Zweifelloos ist das Hören, speziell der Erwerb der menschlichen Sprache die höchste Hirnleistung im Entwicklungsprozess des Kindes. Bereits das Ungeborene im Mutterleib ist in diesen Entwicklungsprozess mit einbezogen (Bild 1).



Bild 1

Das ist monatelang bei völliger Dunkelheit eingesperrt. Es schwimmt nahezu schwerelos in einer salzigen Flüssigkeit, hat so kaum taktile Kontakte und fühlt deshalb wenig. Es muss weder atmen noch Nahrung zu sich nehmen, da das, was es braucht, direkt in seine Blutbahn geleitet wird.

Lebt es denn überhaupt? Ja, es lebt, denn es hört: Es hört Geräusche.
Am Anfang war das Hören, nicht das Sehen; am Anfang waren Geräusche.

In der Tat entwickelt sich das Gehör des menschlichen Fötus im Mutterleib bereits beginnend mit der 14. bis 24. Entwicklungswoche, wobei das Menschlein erst etwa 13 Millimeter groß ist.

Hören vermittelt also die ersten Sinneseindrücke des Menschen; denn mit Sicherheit kann gesagt werden, dass das Gehör schon vor der Geburt physiologisch aktiv ist. Wohl liegt eine geringere Empfindlichkeit vor, die jedoch durch die gute Ankopplung über Flüssigkeit zum Teil kompensiert wird. So können Herzschlag, Darmgeräusche und später sicher auch Sprache der Mutter zwar dumpfer, aber hinsichtlich charakteristischer Sprachmelodie gut wahrgenommen werden und gewisse auditive Lernvorgänge anstoßen.

Das Kind besitzt ein genetisch festgelegtes System zum Hörerwerb

- **Bevorzugung der mütterlichen Stimme gegenüber allen anderen (Grimm, 1995)**
- **Klänge, Melodien, Geräusche, die in utero gehört wurden, werden schneller erkannt (Ruben, 2000)**
- **Kinder mit französisch sprechenden Müttern reagieren im Alter von 2 Tagen auf Französisch und nicht auf Russisch. Kinder mit englisch sprechenden Müttern reagieren im Alter von 2 Monaten auf Englisch und nicht auf Italienisch (Jusczyk et al., 1988; Mehler et al., 1988)**
- **6 - 8 Monate alte amerikanische Kinder unterscheiden englische und Hindi-Phoneme, sind also aufgrund ihrer Detektorsysteme offen für einen natürlichen Spracherwerb in beiden Sprachen**
- **10 - 12 Monate alte amerikanische Kinder unterscheiden nur noch englische, aber keine japanischen oder Hindi-Phoneme, infolge gefestigter Hörpräferenz (Werker, 1991)**
- **6 Monate alte japanische Säuglinge können nicht mehr zwischen /r/ und /l/ unterscheiden (Jänke, 2002)**

Bild 2

Denn der Mensch besitzt ein genetisch festgelegtes System zum Hörerwerb.

Kinder sind von Geburt an fähig, die mütterliche Stimme gegenüber anderen deutlich zu unterscheiden bzw. gegenüber allen anderen zu bevorzugen.

Neuere Untersuchungen verdeutlichen dies:

- Klänge, Melodien, Geräusche die vorgeburtlich gehört wurden, werden nach der Geburt schneller erkannt.
 - Kinder mit französisch sprechenden Müttern reagieren im Alter von zwei Tagen auf französisch und nicht auf russisch.
 - Kinder mit englisch sprechenden Müttern reagieren im Alter von zwei Monaten auf englisch und nicht auf italienisch,
- um nur einige derartige Beispiele zu erwähnen (Bild 2).

Unmittelbar nach der Geburt ist die Wahrnehmung über den ganzen Hörbereich, über die ganze Vielfalt von Intensitäten und Frequenzen, und damit über den ganzen Bereich der

akustisch-kommunikatorischen Ereignisse erweiterbar.

Komplexität des Hörens, speziell von Sprachlauten

Die Hauptaufgabe des Gehörs, die Erkennung von zeitlichen Frequenz- und Amplitudenschwankungen (Sprachanalyse) ist nicht nur auf größere sprachliche Elemente von relativ langer Dauer wie Worte oder Silben beschränkt. Das Gehör kann sehr wohl wesentlich kürzere Zeitstrukturen auflösen, obwohl die Silben hinsichtlich der Gliederung (Segmentierung) des Sprachflusses eine wichtige Rolle spielen und Signalsequenzen wie Sprachlaute eine charakteristische rhythmische Organisation aufweisen. Zunächst muss nämlich unser Gehör erst einmal erkennen, dass das von einem menschlichen Organismus verursachte "Geräusch" im Gegensatz zu demjenigen einer Maschine im allgemeinen Sprache ist. Es muss dies auch dann bewerkstelligen, wenn kein visueller, sondern nur ein akustischer Kontakt besteht. Dies ist - insbesondere bei fremden Sprachen - keinesfalls eine triviale Leistung, wie man vielleicht annehmen könnte. Sie ist darauf begründet, dass auch kleinere Zeitelemente erfasst und verarbeitet werden können, die nicht unbedingt deutlich im Sprachfluss abgesetzt bzw. getrennt gefunden werden müssen.

Es ist ein entscheidendes Problem, dass in Aufzeichnungen von produzierter Sprache kontinuierliche Schallbilder erscheinen, die prinzipiell keine exakten Grenzen haben und damit keine einzelnen diskreten Segmente darstellen können (Problem der Unsegmentierbarkeit). Gewisse Strukturen beim Sprachhören und gewisse Markierungen sind jedoch für sprachliches Segmentieren vorhanden.

Sprechen produziert also ein artikulatorisches Kontinuum, wobei die Sprachlaute ineinander verzahnt sind und das in einem solchen Ausmaß, dass man nicht genau sagen kann, wo ein Laut beginnt und ein anderer aufhört (Koartikulation). Es gibt regressive Koartikulation (Nachfolgendes beeinflusst Vorgegangenes) und progressive (Vorgegangenes beeinflusst Nachfolgendes) Koartikulation. Die stationären Laute mit ihren festgeschriebenen Energiemaxima sind nicht das allein entscheidende Kriterium für das Sprachverständnis, sondern die Transitionen spielen eine bedeutende Rolle (s. u.). Auch sie sind prinzipiell nicht abgrenzbar, sondern mehr oder weniger deutliche kontinuierliche Übergänge zu den Nachbarlauten und damit zu deren koartikulationsbedingten spektralen Änderungen. Paradox ausgedrückt sind sie segmentübergreifende Segmentmerkmale, die dafür sorgen, dass die umweltbedingten Abweichungen, bei geringen Störgeräuscheinflüssen, nicht sofort negativ für die Lauterkennung zu Buche schlagen.

Obwohl also deutlich unterscheidbare Zeitsegmente, die kleiner sind als die Zeitdauer einer Silbe -insbesondere im Störgeräusch überlagerten- Sprachfluss nicht gefunden worden sind, hat in der Sprachforschung das sogenannte Phonem eine gewisse Bedeutung erlangt. Dies ist die kleinste linguistische Einheit, welche zur Unterscheidung zweier gesprochener Worte oder Silben notwendig ist. Im allgemeinen besteht ein solches Phonem aus einer Konsonant-Vokal- bzw. Vokal-Konsonant-Folge und es können bei maximaler Sprechgeschwindigkeit etwa 15

derartiger Phoneme in der Sekunde erzeugt werden.

Das Phonem an sich ist allerdings keine reale, zeitlich abgesetzte Artikulation, sondern ein Typ, der viele Realisierungsformen (Allophone) besitzt. Da eine natürlicher Segmentierung des Sprechablaufs nicht vorliegt, kann Sprache also nur verstanden und zur Sinnentnahme benutzt werden, wenn der Hörer entsprechende Referenzmuster besitzt, die ihm durch Zuordnung die Segmentierung ermöglichen.

Dynamische Detektionsleistung des Gehörs

Innerhalb 20 bis 300 Millisekunden

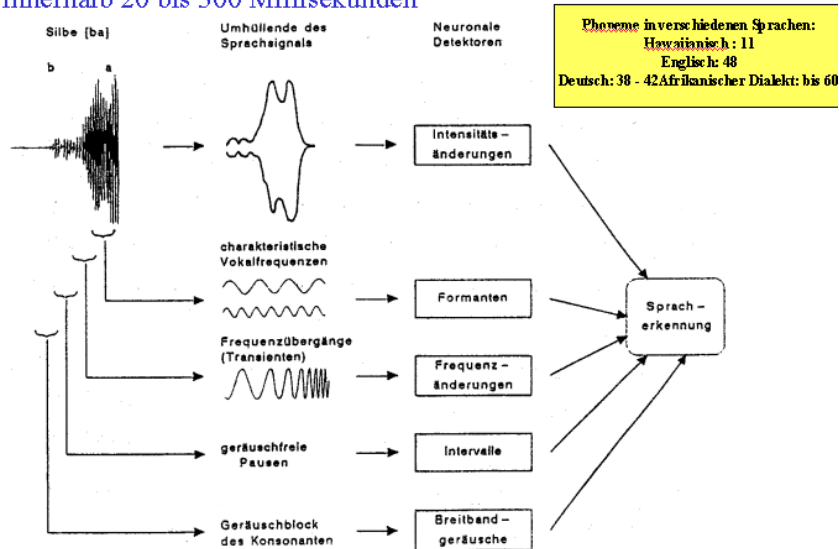


Bild 3

Um jedoch eine derartige Folge, z.B. bei der Silbe <ba> (Bild 3) zu analysieren, muss das Gehör neben anderem in der Lage sein, zunächst den Geräuschblock des Konsonanten innerhalb 20 bis 400 ms zu erkennen und grob zu dekodieren. Dabei ist dieser Geräuschblock für jeden Konsonant unterschiedlich. Er besteht z.B. aus einem Zischgeräusch bei einem <s>, einem Plosivgeräusch bei einem <p> oder usw.. Von bestimmten, grob zu analysierenden Maximalwerten der Energie dieses kurzen Geräuschblocks gehen Frequenzmodulationen (sogenannte Transitionen bzw. Transienten) in die beiden Hauptfrequenzen, die sogenannten Formanten, der nachfolgenden Vokale über. Letztere, also die den Vokal charakterisierenden Formantfrequenzen, sind während einer mittleren Dauer von ungefähr 300 ms hinsichtlich ihrer Frequenz im Frequenzbereich 700 - 3000 Hz zu analysieren, wobei Unterschiede zwischen 1 - 4 Oktaven vorliegen können. Vor allem nach Plosivlauten liegt noch ein geräuschfreies Intervall vor, welches eine Dauer von 30 - 80 ms besitzt und ebenfalls durch unser Gehör relativ genau ausgemessen werden muss, um eine richtige Perzeption zu gewährleisten (Bild 3).

Die Transitionen, also die Übergänge zwischen den einzelnen Lauten eines Phonems, erweisen sich trotz ihrer Kürze vor allem bei Plosiven (z.B. <p>) und Frikativen (z. B. <s>) als besonders bedeutsam für die Verständlichkeit.

Das Lernen des Sprachverstehens wird zusätzlich erschwert infolge des Problems der fehlenden Invarianz . Die Sprachwahrnehmung wird nämlich dadurch noch komplizierter und vor allem

die Sprachperzeption für Störungen anfälliger, dass insbesondere die einzelnen Konsonanten keine eindeutige akustische Repräsentation haben, sondern je nach Kombination mit dem Vokal und je nach Stellung innerhalb der Silbe physikalisch im Schallgemisch anders vorliegen.

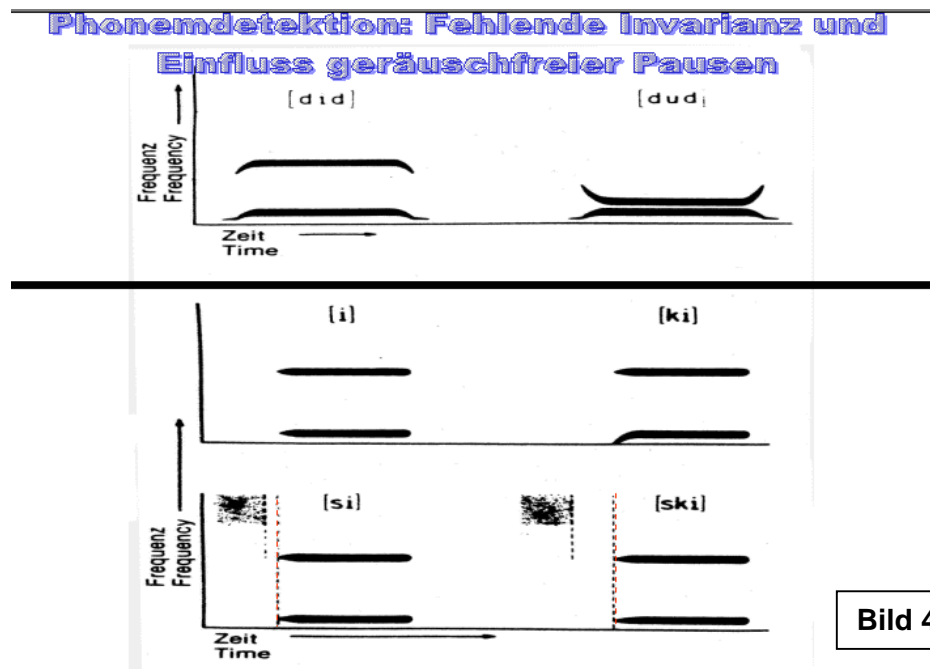


Bild 4

Interessant sind diesbezüglich z. B. die Verhältnisse bei den Silben <did> und <dud> (Bild 4 oben). Beim zweiten Formanten wird das <d> durch Anstieg am Anfang und Abfall am Ende des <i> ; andererseits durch Abfall am Anfang sowie Anstieg am Ende des <u> repräsentiert. Noch komplizierter wird die Angelegenheit, wenn man die beiden Silben <si> und <ski> vergleicht (Bild 5). Im einen Fall (Silbe <ki>) wird durch eine ansteigende Transition am Beginn des ersten Formanten beim Hörer der Eindruck des Plosivs <k> hervorgerufen, im anderen Falle genügt nach dem Geräuschblock des <s> ein freies, geräuschloses Intervall von 60 ms, um in der Empfindung ebenfalls den Eindruck eines <k> in der Silbe <ski> auszulösen.

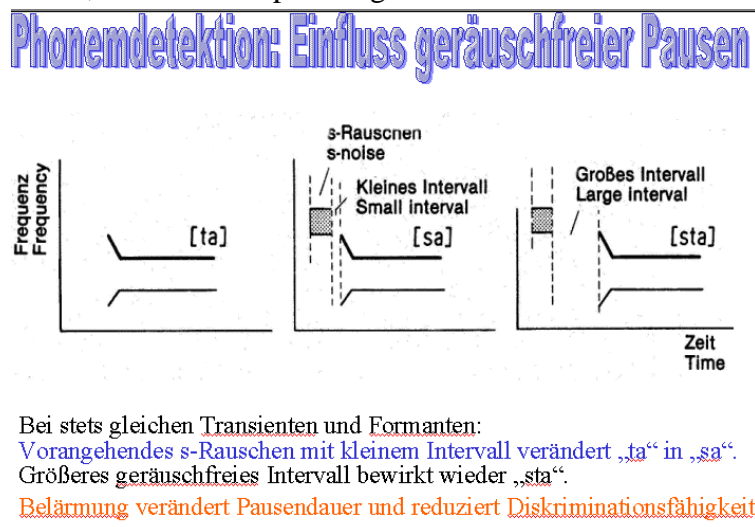


Bild 5

Kindliche Entwicklungsphasen

Bei der Ausbildung aller dieser zur Laut- und Spracherkennung notwendigen Fähigkeiten laufen in den ersten 12 - 18 Lebensmonaten entscheidende Reifungsprozesse ab (Ruben, 1992), insbesondere ist weiteres Ausreifen der Biomechanik des Innenohres in den ersten Monaten nach der Geburt gegeben, eindeutig abhängig von einer ausreichend akustischen Stimulierung in möglichst einer Umgebung, die frei von permanenten, nicht-natürlichen Störgeräuschen ist.

Das Kind durchläuft besonders sensible Entwicklungsphasen

Entwicklung der kindlichen Stimmgebung (Stimmlippenschwingungen), des Sprachvermögens (Sprachsignalverlauf) und des Gehörs (Latenzen und Kennliniensteilheiten akustisch evozierter Potentiale, verglichen mit den auf EEG-Basis beschreibbaren Aktivierungszuständen des Gehirns)

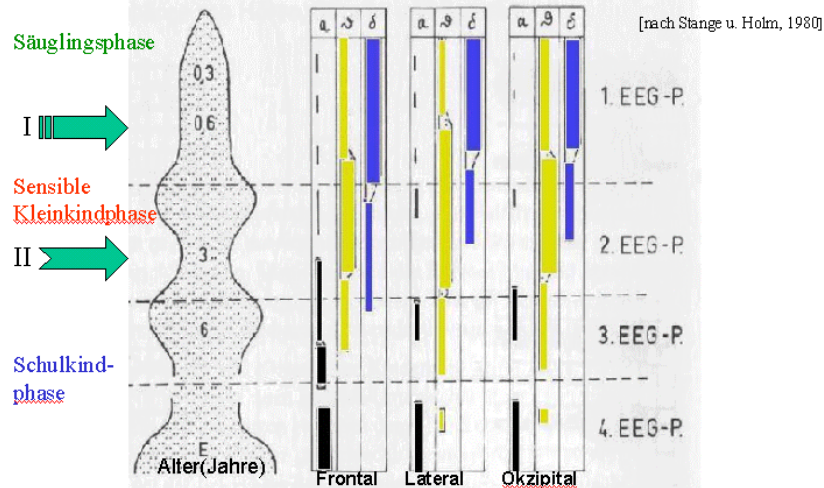


Bild 6

Etwas genauer lassen sich die Entwicklungsphasen und vor allem die besonders sensiblen Abschnitte darstellen bzw. objektivieren (Bild 6), wenn man einerseits das Ausbilden des Stimmlippenschwingungsverhaltens (mit Hilfe der Elektroglossographie) und des Sprachsignals, sowie andererseits die Ausreifung der Hörbahn anhand des Verhaltens der akustisch evozierten Potentiale (Latenzdauern, Steilheit der Reizstärke-Erregungskennlinien, Latenzkurven) heranzieht (Stange und Holm, 1980).

Dies ist mit der auf solchen Messungen basierenden, links in Bild 6 angegebenen Figurine versucht, deren Intumeszenzen die einzelnen Phasen der Differenzierung kennzeichnen sollen.

Diese Phasen sind mit der kindlichen Entwicklung des Elektroenzephalogramms (EEG) [Garsche, 1966] verglichen, wobei die Ausprägung von Delta, Theta und Alpha-Rhythmen in verschiedenen Hirnbereichen angegeben ist.

Auffallend ist dabei zunächst eine erste sensible Phase (Markierungspfeil I), die etwa beginnend ab dem 6. Lebensmonat bis zum 2. Lebensjahr reicht.

Die ausgeprägten langsamen Delta-Phasen (0,5 – 3 Hz) im EEG werden dort, in der I. sensiblen Kleinkindphase (6. Monat bis 2 Jahre), durch Theta-Wellen (4 - 7 Hz) abgelöst.

Diese wiederum machen in der II. sensiblen Kleinkindphase (4. bis 6. Jahr) abklingend den Alpha-Wellen Platz, welche den Wachzustand deutlich kennzeichnen.

Diesen Phasen sind nun bekannte Leistungen in der Entwicklung des Gehörs und der Stimmgebung zuzuordnen (Bild 7):



Bild 7

Säuglingsphase (0 bis 6. Monat)

Hinsichtlich Analyse der sprachlichen Kurzzeitschalle muss also der Säugling beachtliches leisten (Spreng, 1994a und 1998) und es laufen für diese Phase charakteristische physiologische Grundprozesse ab (Bild 8).

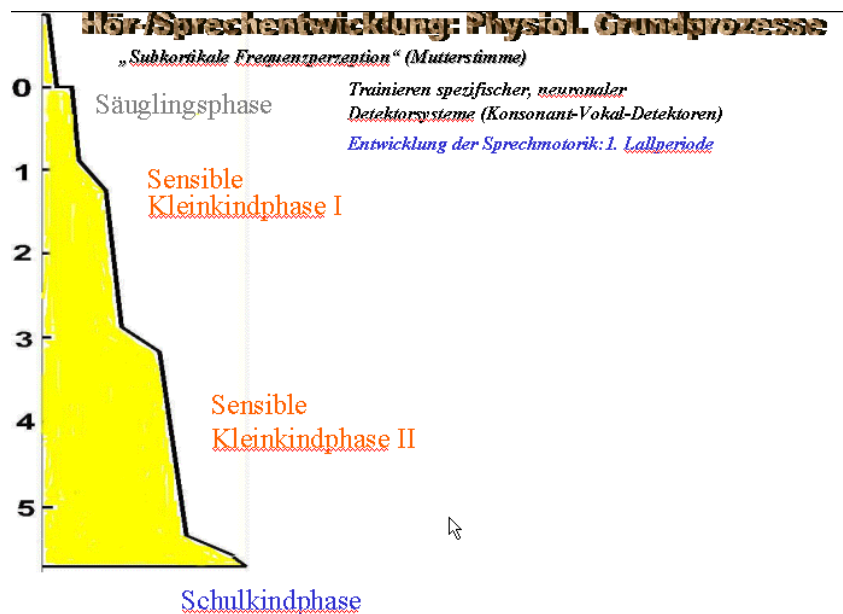


Bild 8

Die adäquate Stimulation erfolgt durch die sog. Baby- bzw. Ammensprache, welche transkulturell identisch, mit verminderter Sprechgeschwindigkeit, überdeutlicher Artikulation und mehrfacher Wiederholung angeboten, dem noch unausgereiften Hörsystem des Säuglings entgegenkommt.

Dyadenspezifische Beziehung zwischen Mutter und Kind



Bild 9

Seitens des Neugeborenen liegen dazu eine beachtliche Imitationsfähigkeit, Lust auf Empfang von Lautbildern und Repetierfreudigkeit vor, welche durch die in den ersten 10 Lebenstagen erarbeitete dyadenspezifische Verständigung zwischen Mutter und Kind in relativ ungestörter Umgebung voll ausgenutzt werden wollen.

Neuronale Konsonant-Vokal-Detektoren

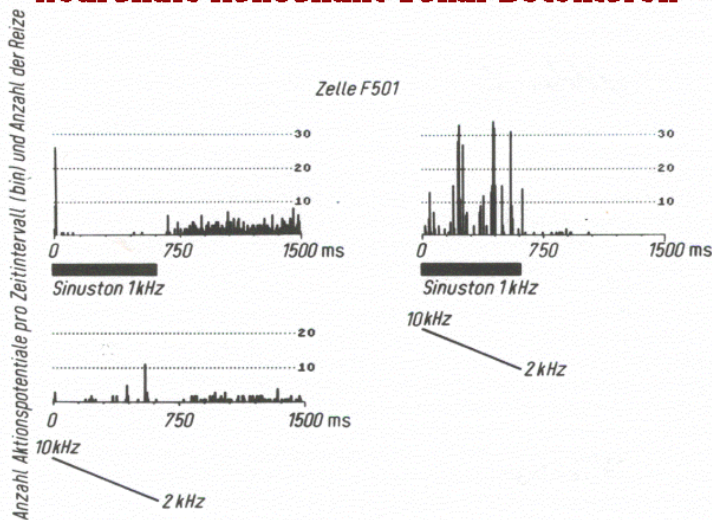


Bild 10

Dazu bringt das Neugeborene im peripheren Bereich seiner Hörbahn bereits wichtige spezialisierte Detektorsysteme mit, die z. B. besonders durch einfache Konsonant-Vokal-Kombinationen, durch Frequenzänderungen und Frequenzübergänge (Transienten), arteigene Laute usw. erregbar sind, als auch Anfang, sowie Ende eines Schallreizes detektieren können [Spreng, 1984,1994a und 2001].

So zeigt Bild 10 eine neuronale Zelle in der Hörbahn der Katze, welche weder durch einen reinen Sinuston (links oben) noch durch eine reine Frequenzmodulation (links unten) nennenswert erregt wird. Werden jedoch beide Reize gleichzeitig bzw. in engem zeitlichem Zusammenhang –vergleichbar einem Konsonant-Vokalübergang- angeboten, so kommt es zu sehr starker Zellerregung (rechts).

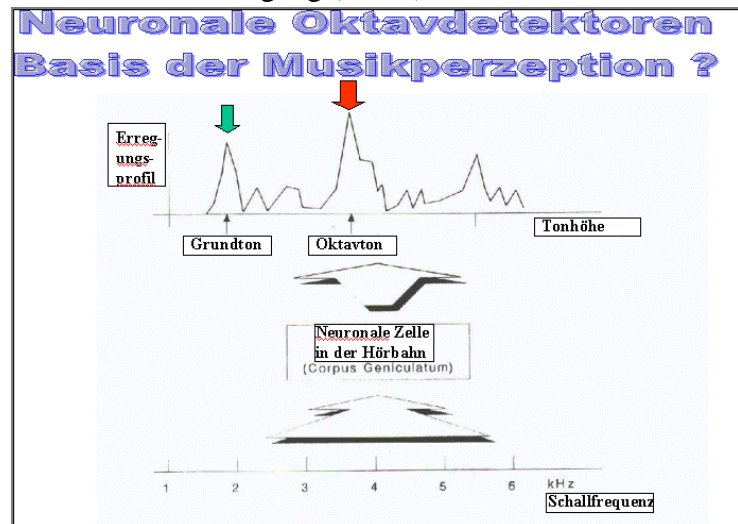


Bild 11

Dies gilt beispielsweise auch für das Hören der Besonderheit einer Oktave, also für das besonders ausgeprägte Hören ganzzahliger Vielfacher eines Grundtons. Hierzu existieren ebenfalls Detektorelemente (Bild 11), welche nachweislich die Basis für dann herausstechende zentralnervöse Erregungsgipfel bilden.

Mit diesen Gegebenheiten erfolgt also in den ersten Lebenswochen eine verstärkte Analyse der Schalle hinsichtlich ihrer physikalischen Parameter. Parallel dazu läuft die Entwicklung des Sprechapparates an, wozu etwas später Schallmuster aktiv durch das Babylallen (I. und II. Lallphase) bereitgestellt werden.

Verharren wir noch einen Moment beim Hörenlernen des Säuglings, so sind es ja nicht nur fremdproduzierte Laute, die er wahrnimmt. Nein, ausgelöst durch und eng zusammenhängend mit quälenden Empfindungen im Magenbereich hört er schrille Geräusche, welche mit Berührungsempfindungen und Vibrationen im eigenen Mund- und Rachenbereich verknüpft sind.

Sehr schnell baut er diese selbsterfahrene, sogenannte audio-phonatorische Rückkopplung in der I. und II. Lallphase als Basis zum komplexen Sprechenlernen aus.

Ähnliche postnatale Entwicklungsphasen lassen sich bei allen Kindern feststellen. Sie werden allerdings unterschiedlich schnell durchlaufen. Diese sind grob angebbbar als

- primär diskriminatorische, prälinguale Periode (Schreien: Hunger, Schmerz und Gurren: Zufriedenheit (6. - 8. Woche)

- sekundär diskriminatorische Periode: I. Phase des Lallens (audio-phonatorische Rückkopplung, Anpassung an sich verändernde Resonanzverhältnisse des äußeren Gehörgangs) [nach drei Monaten]
- aktiv diskriminatorische Periode: II. Lallphase (mit Reduplikationen von Lautsequenzen ab dem 4. Monat, Konsonant- Vokalverbindungen)
- linguale Periode (mit erstem Sprachverständnis)[ab 6 - 8 Monaten]

Wenn also die diskriminationsentscheidende Bedeutung von Kurzzeitschall-Ereignissen einerseits und die beachtliche Plastizität zentralnervöser Systeme andererseits in Betracht gezogen werden, so ergeben sich einige wichtige Gesichtspunkte im Zusammenhang mit dem Training auditiver Wahrnehmung.

Nicht nur die Darbietung eingeschwungener bzw. langsam veränderlicher Signale (Musik) ist primär angeraten, sondern Klänge mit prägnanter Anstiegssteilheit, sowie eventuell ein Mix aus silben- bzw. sprachähnlichen Geräuschen, am besten also die häufige dyadenspezifische Kommunikationssituation mit der artikulierenden und auch visuell kommunizierenden Mutter.

Es liegt auf der Hand, dass Störgeräusche -je nach Frequenzzusammensetzung und Zeitlichkeit- vor allem die Aufnahme und Verarbeitung der intensitätsärmeren Kurzzeit-Schallereignisse beeinflussen, welche die Konsonanten repräsentieren.

Mit anderen Worten: Lärm stört infolge Verdeckung bereits die in den ersten nachgeburtlichen Wochen erfolgende Schallanalyse durch die angeborenen Detektorsysteme und kann ihre spezifischen Anpassungsprozesse verzögern.

Lärm hindert durch Aufmerksamkeitsentzug auch den so wichtigen Aufbau und Erhalt der kommunikativen Beziehung zwischen Mutter und Kind, lässt die Imitationsfähigkeit des Säuglings nicht voll zur Geltung kommen und kann bei Misserfolgen von frühkindlichen Lernprozessen zu Apathie (learned helplessness) führen, da ein Ausgleich mit entsprechendem Verhalten der Mutter nur ungenügend erfolgen kann (z. B. bei betont langsamem Sprechen füllt leider Lärm die großen Sprachpausen aus).

Sensible Kleinkindphase I (6. Monat bis 2. Jahre)

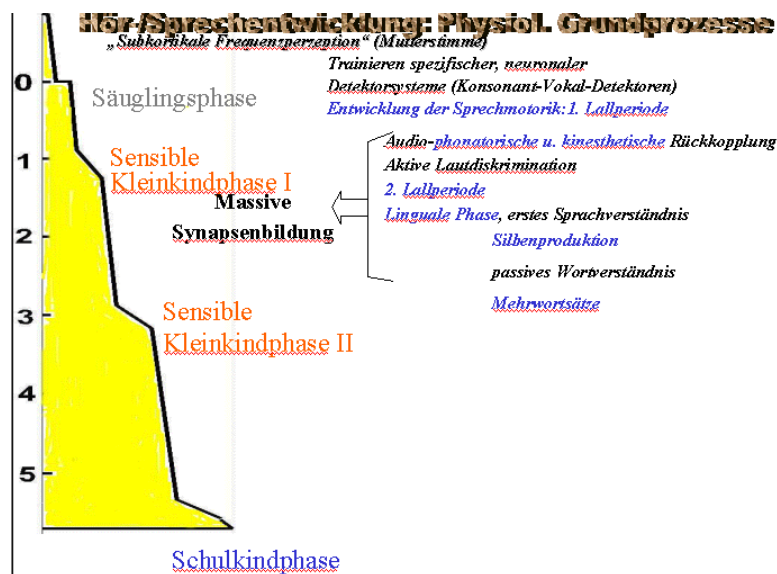


Bild 12

Die in dieser Phase ablaufenden Vorgänge sind begleitet von einer explosionsartigen Ausbildung und Festigung synaptischer Verbindungen im zentralen Gehirn, welche diese I. sensible Kleinkindphase kennzeichnen und bleibend die kognitive Entwicklung und damit auch bleibend die "Wahrnehmungsform Hören" bestimmen.

In der Tat nimmt in diesem Zeitraum die Zahl der neu gebildeten Synapsen enorm zu (Bild 12). Obwohl neurale Bahnen bis zum Hirnstamm ab der 24. Gestationswoche angelegt sind, dauert es Wochen und Monate bis im Bereich der Hirnrinde durch Leitstrukturorientierung gesteuerte Aussprossung von Axonen und infolge chemischer Signalstoffe begünstigter Synapsenbildung eine Detailausreifung erfolgt ist. Durch „use and disuse“ kommt es dann zu einer Stabilisierung oder Destabilisierung der neu geschaffenen Verbindungen, wozu eine relativ ungestörte adäquate externe Reizung unabdingbar ist (Klinke et al., 2001)

Haben die Axone ihr Zielgebiet erreicht, so beginnt deren Myelinisierung und damit eine Steigerung der Verarbeitungsgeschwindigkeit um ca. den Faktor 10.

Entscheidend bei der Synapsenausbildung in dieser sensiblen Phase ist also die Überprüfung der Richtigkeit beim Erkennen regelmäßig wiederholter, relevanter (z. B. zur selben Klasse von Phonemen gehörender) externer Reize, wodurch „richtige“ Verbindungen gefestigt, „falsche“ hingegen wieder abgebaut werden (Atoptose).

In diesem Zusammenhang ist interessant, dass Kindheitserinnerungen an die ersten 3 bis 4 Lebensjahre nahezu nie abrufbar bzw. berichtbar sind. Dies mag damit erklärbar sein, dass bei derartigen neuronalen Auf- und Abbauprozessen der Schlüssel zu den wohl nicht-verbal gespeicherten frühkindlichen Vorgängen und Erlebnissen verloren geht bzw. durch einen verbal-begrifflichen Schlüssel ersetzt wird.

Schema der neuronalen Phonemdiskrimination ba-ga

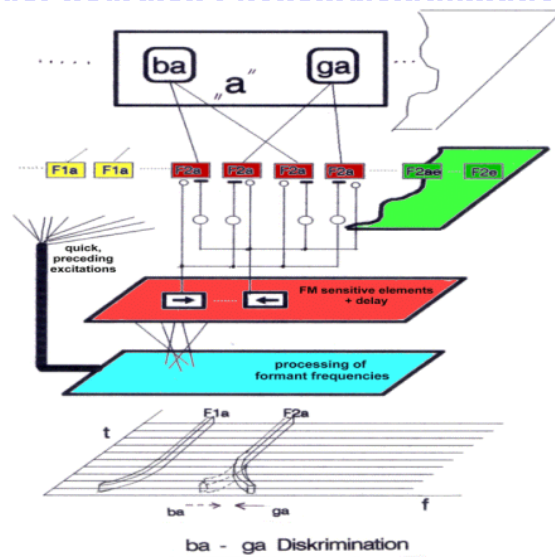


Bild 13

Diskriminatorische Verschaltungen finden sich beim Neugeborenen bereits extrem peripher, beginnend in den Verarbeitungselementen des Cochleariskerns. Das mit Bild 13 gezeigte Schema soll diesbezüglich sehr vereinfachend den hochdynamischen, auf der Analyse von Kurzzeitschallereignissen beruhenden, Diskriminationsvorgang zwischen den Silben "ba" und "ga" erläutern. Wie ersichtlich, unterscheiden sich die beiden Silben durch den Frequenzübergang zum zweiten Formant des Vokals "a"; aufsteigend bei der Silbe "ba" und absteigend bei der Silbe "ga".

Es ist nun denkbar, dass aufgrund von Periodizitäts-Analysen sehr schnell und voreilend die Formantfrequenzen des Vokals ("a") erkannt werden und über schnelle Bahnen, wie links skizziert, zu Detektorsystemen geführt werden, welche auf die charakteristischen Frequenzen des Vokals "a" abgestimmt sind, also die entsprechende kritische Frequenz aufweisen. Dies mögen einerseits neuronale Detektorsysteme sein, die allein für die Formantfrequenzdetektion verantwortlich sind (z.B. für die Detektion der ersten Formantfrequenz (F1a). Andererseits können Elemente existieren, welche für die Detektion der zweiten Formantfrequenz (F2a) verantwortlich sind, mit der zusätzlichen Fähigkeit über eine weitere Verarbeitungskette unterschiedlich gebahnt bzw. gehemmt werden zu können (F2a-Detektoren).

Wenn nun in einer weiteren Verarbeitungsschicht die ebenfalls in einem Teil des Cochleariskerns lokalisiert werden kann, sich Elemente (mit unterschiedlichen Verarbeitungszeitkonstanten) befinden, die auf Frequenzmodulationen, also Frequenzübergänge, ansprechen und insbesondere deren Richtung erkennen, dann kann ein Teil dieser F2a-Detektoren -über entsprechende Bahnungs- und Hemmungs-Verschaltungen angesteuert- jeweils zur Diskrimination der Silbe "ba" bzw. "ga" sehr schnell beitragen.

Selbstverständlich existieren noch eine Vielzahl von Detektoren, die für alle anderen Vokale und entsprechende Übergänge in den Sprachstrukturen derartig charakteristische

Erregungswerte generieren können (z.B. F2ae- und F2e-Detektoren usw.) [Spreng, 2001 und 2003].

Wichtig ist jedoch, insbesondere beim Training der auditiven Wahrnehmung und dem damit zu erlernenden Sprachdiskriminationsvermögen, dass derartig schnelle mit Transienten, also schnelleren Frequenzmodulationen verbundenen Vorgänge in Betracht gezogen und eventuell sogar intensiver geübt werden sollten, denn auch andere neuronale Elemente, die nur auf Frequenzmodulationen geschwindigkeitsabhängig ansprechen, müssen trainiert werden.

Jedenfalls steht außer Frage, dass Lärm in dieser sensiblen Phase I durch Verdeckung und Beeinträchtigung ähnlicher Lautwiederholungen die Synapsenreifung verzögert und unter Umständen verfälscht. Die Folge kann ein retardiertes oder sogar defizitäres Hörsystem sein. Insbesondere die Verdeckungsvorgänge bei den wichtigen eigenen Stimmgebungsversuchen während der II. Lallphase sind dabei als besonders beeinträchtigend zu werten.

Eine weitere entscheidende Leistung in dieser sensiblen Entwicklungsphase ist nämlich das Aktivieren und Ausbilden der taktilen Rückkopplungssysteme, welche über die jeweilige Situation der Sprachmotorik und der Konfiguration im Ansatzrohr (z. B. Gaumen, Zunge, Lippen usw.) Auskunft geben. Sie werden später allein, weitgehend ohne audio-phonatorische Kontrolle ein Sprechen ermöglichen (Linke 1980).

Biokybernetisches

Schema

physiologischer Prozesse bei der Kommunikation

[Nach Keidel, 1980]

unter besonderer
Hervorhebung der
kinesthetischen
Rückkopplung

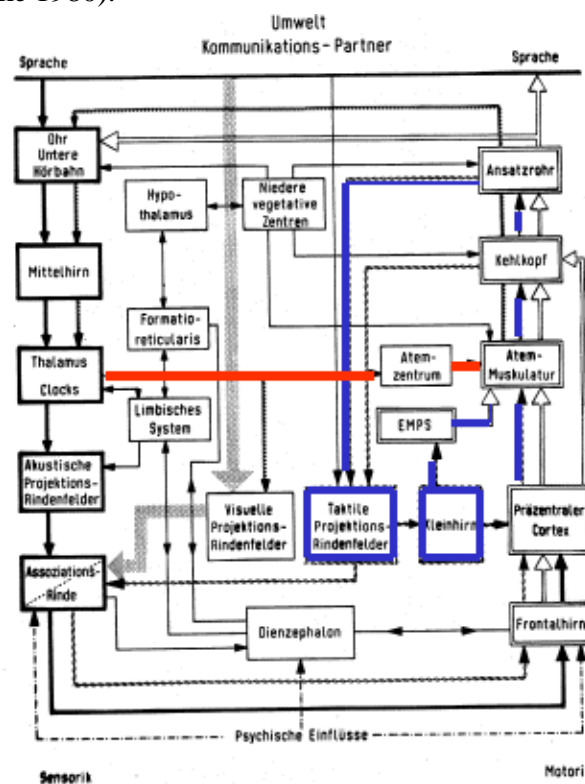


Bild 14

Mit einem weiteren Schema in Bild 14 wird versucht, die Komplexität der physiologischen Prozesse bei der sprachlichen Kommunikation vereinfacht zusammenzufassen (Keidel, 1980). Neben der primär wichtigen audio-phonatorischen Rückkopplung (Hören der eigenen Sprache) und der Koartikulation (dicke schwarz gezeichnete Linien), kommt der taktilen Rückkopplung demzufolge ebenfalls eine bedeutsame Rolle zu (blaue Linien). Zusätzlich ist erkennbar (rote Linien), dass auch Verknüpfungen mit dem Atemzentrum und der Atemmuskulatur sich etablieren müssen, um eine fließende Sprachschallsynchronisation zu gewährleisten.

Es ist sicher sinnvoll, darüber nachzudenken, wie bereits bei 2 Jährigen hinsichtlich Atmen und Artikulieren erzieherisch gelenkt werden könnte.

Grundsätzlich ist auch hier zu erwarten, dass der bei Einwirkung von Umweltlärm gegebene Aufmerksamkeitsentzug und die Überlagerung eigener Stimmproduktionsversuche dem Einfahren der taktilen Rückkopplungsbahnen sicher nicht dienlich sind.

Entscheidend ist jedoch die Zuwendung, welche das Kind in dieser sensiblen Phase erfährt.

Denn in einer Umgebung, welche der Kommunikation förderlich ist, wird mit einem bis zu diesem Grade ausgereiften und gebahnten Gehirn, das auf eine relativ ungestörte Hörerfahrung vom ersten Lebenstag an zurückblicken kann, mit großer Sicherheit eine normale Sprachentwicklung möglich sein. Denn –wie erwähnt- baut sich die Sprachentwicklung in dieser Phase über Silbenproduktion, passives Wortverständnis, Einzelwort, Zwei- und Dreiwort-Sätze allmählich auf, wobei die Artikulation des Kindes zunehmend deutlicher wird.

Dabei entwickelt sich das sogenannte phonematische Hören nicht aus den für die primäre Einfahrung des audiophonatorischen Systems wichtigen Lauten des Lallens, sondern es wird sich in Verbindung mit höheren kognitiven Fähigkeiten aus der Sprache der Erwachsenen angeeignet (Lurija, 1982). Sprachrhythmus, Sprachmelodie und Betonung, auf die das Kind schon in den ersten Wochen reagiert hat, werden jetzt zu einem bedeutungstragenden Gliederungsprinzip der gesprochenen Sprache mit einer enormen Vielfalt von zu erlernenden Variationen.

Sensible Kindphase II (4. bis 6. Jahr)

In dieser ebenfalls als ausgesprochen sensibel zu bezeichnenden Phase II, in der vor allem im für die motorischen Leistungen verantwortlichen Frontalhirn sich neu deutliche Alpha-Wellen-Komplexe zeigen (Bild 6)

, ist neben der Steigerung von Verarbeitungsgeschwindigkeiten die Bildung semantischer Strukturen von Bedeutung.

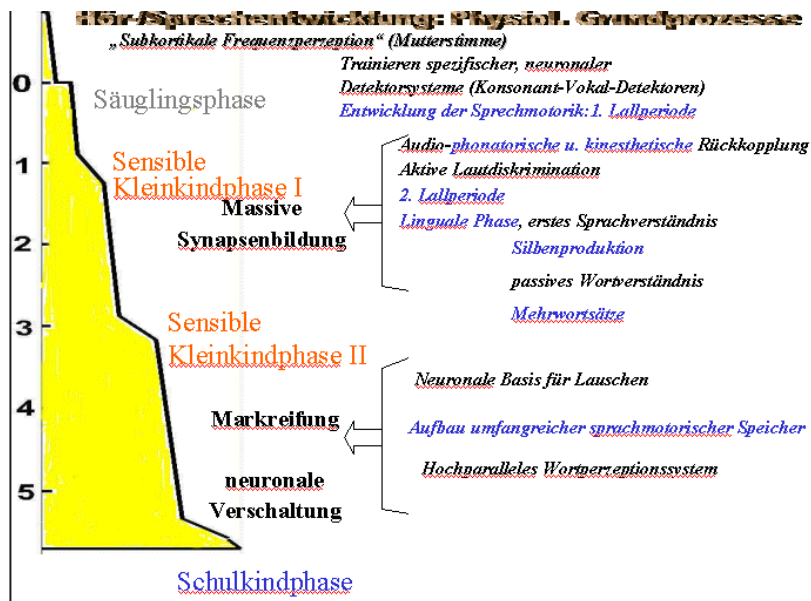


Bild 15

Zusätzlich ist das normal entwickelte Gehör in der Lage Störgeräusche in gewissem Grade zu unterdrücken bzw. kann diese Fähigkeit bei erzieherischer Forderung und Förderung weiter ausbauen. Dies geschieht zum Teil über geänderte Informationsverarbeitung im peripheren Teil der Hörbahn unter Benutzung rückkoppelnder Nervenbahnen.

Solche Vorgänge bilden auch die Basis der wichtigen Fähigkeit des Lauschens (Bild 15).

Beim Lauschen ist unser Gehör in der Lage durch Aufmerksamkeitszuwendung über rückläufige Nervenbahnen neuronale Schaltelemente kurzzeitig so zu verändern, dass nur ganz bestimmte Frequenzen bevorzugt durchgeschaltet (Bandpass-Filter) und andere unterdrückt (Bandsperr) werden (Bild 16).

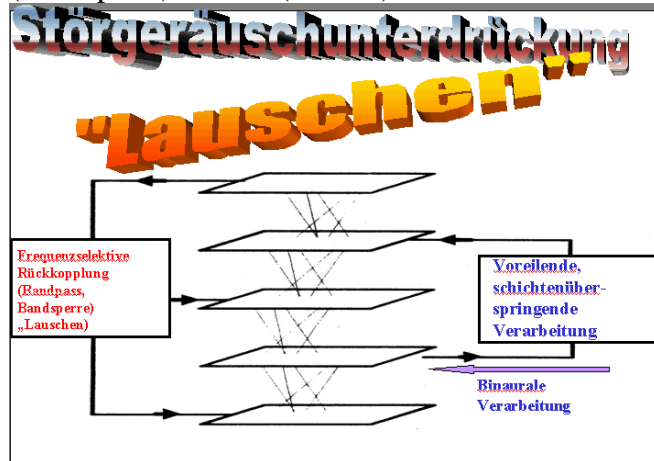


Bild 16

Wir kennen dies aus der Erfahrung. Denn es gelingt uns z. B. aus einem Orchester durch entsprechende Konzentration auf ein Instrument –meist unter Zuhilfenahme des visuellen Systems– ein typisches Instrument lauter herauszuhören, obwohl uns der Instrumentalist nicht den Gefallen tut, lauter zu spielen, was ihm –falls er je unsere Konzentration bemerkte– im übrigen den Zorn des Dirigenten bescheren würde.

In der Tat ist dies eine ungeheure dynamische und komplexe Leistung des Gehörs, optimal angepasst an die schnelle Erkennung von Schallen allgemein und speziell von Sprachlauten

auch unter Störgeräuscheinfluss.

Bezüglich Training und Lernen sind jüngste Untersuchungen von Interesse, welche zeigen, dass die genannten schnellen Vorgänge infolge erstaunlicher Plastizität zentralnervöser Strukturen zum Teil noch schneller, pointierter und zielgerichteter verändert werden können.

Sensibilisierungsprozesse in subkortikalen Verarbeitungsbereichen

Extremely simplified blockscheme of the auditory system

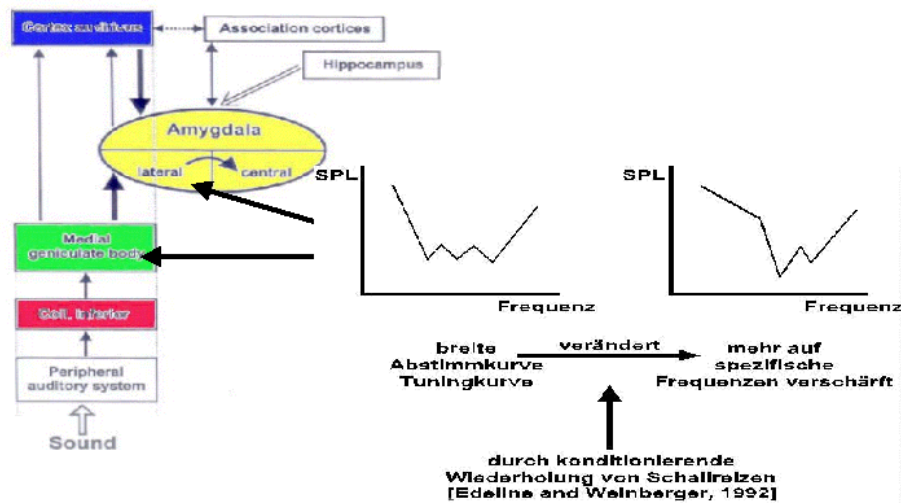


Bild 17

In diesem Zusammenhang darf auf Messungen an Elementen des Kerngebiets Amygdala (Mandelkern) zurückgegriffen werden (Bild 17), wobei vorausgeschickt werden muss, dass neuere Untersuchungen (LeDoux, 1995. Masterton, 1996) den lateralen Bereich des Mandelkerns (Amygdala) als einen wichtigen Teil des auditorischen Systems herausgestellt haben, welcher als sekundäres, separates Bahnsystem mit telencephalischen Projektionen verbunden ist. Andererseits haben Studien ergeben, dass speziell die Amygdala als kritische Struktur emotionalen Lernens aufzufassen ist.

Betrachtet man nun bei Konditionierungs- und Lernvorgängen neueste Untersuchungsergebnisse über das Plastizitätsverhalten von Elementen in diesem interessanten Kerngebiet als Teil des auditorischen Systems, so lassen sich wichtige Fakten herauschälen.

Neben zunehmender Anzahl kurz-latenter Spikeantworten von Neuronen der Amygdala (Quirk et al., 1995) und Verstärkung der Synchronität von Elementen aus dem Amygdala-Kerngebiet [Rogan und LeDoux, 1995] nach wiederholter Aktivierung, liegt ein verändertes Tuning der thalamischen Inputbereiche zur Amygdala vor.

Diese von der Arbeitsgruppe um Weinberger (Edeline u. Weinberger, 1992) gefundenen, hochinteressanten Sensitivierungseffekte betreffen nicht nur gesteigerte Erregbarkeit, sondern echte Modifikationen des informationsverarbeitenden Systems.

Die Arbeitsgruppe konnte nachweisen, dass Lerneffekte faszinierende Einflüsse auf das Abstimmverhalten (Tuning) von neuronalen Einzelementen in mittleren Kniehöcker (corpus geniculatum mediale) auslösen. Es konnte gezeigt werden, dass die im allgemeinen breit abgestimmten Elemente (breite Tuningkurven) im mittleren Kniehöcker während konditionierenden Lernversuchen sehr schnell ihr Verhalten zu ändern in der Lage waren. Es tritt bei derartigen Untersuchungen eine verblüffende Verschärfung der Abstimmkurven und damit verbunden eine vergrößerte Selektivität für spezielle Frequenzen auf (Bild 17 rechts). Dabei sind insbesondere die Frequenzen der während der Lernphase applizierten Töne bzw Schalle bevorzugt sensitiviert, während die Antworten auf andere Frequenzen (sogar auf die ursprüngliche Bestfrequenz) sich reduzieren.

In dieser sensiblen Kindphase II erfolgt auch die langfristige weiterlaufende Anlage eines --im Vergleich zu anderen Speichern motorischer Programme-- außerordentlich großen Speichers für sprachmotorische Programme (Spreng, 1993 und 1998).

Denn mit Sicherheit arbeitet unser Gehör bei der Spracherkennung als hochparalleles System. Dabei darf man sich die Verarbeitung nicht so vorstellen (Bild 18), dass nach einer gewissen längeren Verarbeitungszeit ein zentraler Entscheidungsmechanismus den besten Kandidaten für ein Wort aus einem vorliegenden Lexikon herausucht.

Falsche Vorstellung der Worterkennung beim Hören

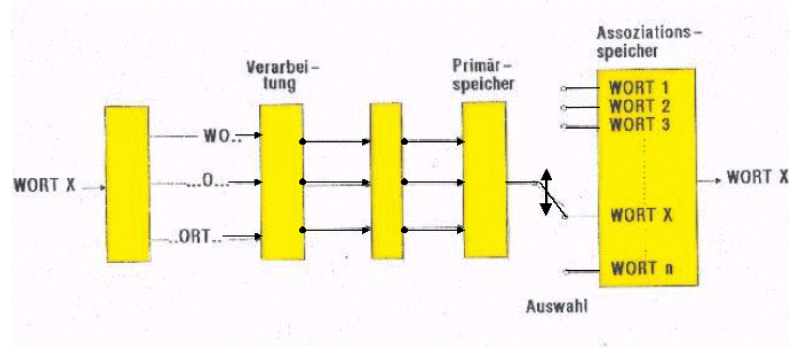
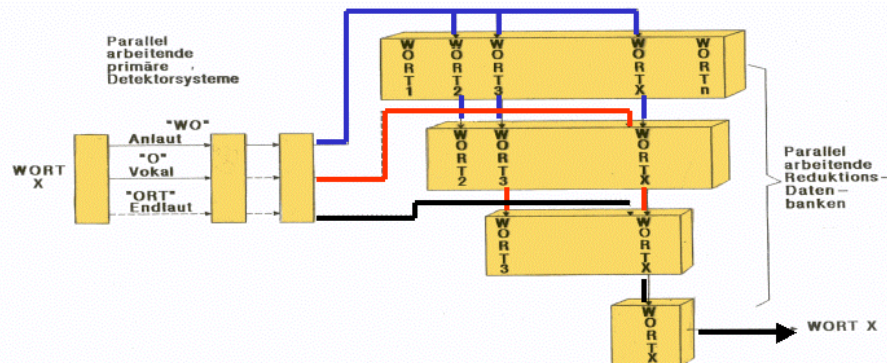


Bild 18

Vielmehr wird durch den Beginn eines Wortes im Sinne einer Parallelverarbeitung zunächst eine große Liste möglicher Bedeutungskandidaten eröffnet, die alle mit einer ähnlichen akustischen Folge beginnen. Durch weiter einlaufende akustische Information fallen mit zunehmender Dauer des akustischen Signals mehr und mehr Wortkandidaten aus der eigentlichen Verarbeitung heraus, bis schließlich ein einziger Kandidat verbleibt. Dies entspricht einer Realzeit-Verarbeitung, bis am Ende das am besten passende Ergebnis überlebt, und deshalb ist der Worterkennungsvorgang bei gut funktionierendem Gehör und störgeräuschfreier Umgebung oft bereits vor dem tatsächlichen akustischen Ende eines Wortes beendet.

Schnelle Worterkennung (40 bis maximal 200 Millisekunden) mit massiv-parallelen Reduktionsdatenbanken



Erkennung während des Ablaufs des akustischen
Geschehens

Bild 19

Mit einer weiteren Abbildung (Bild 19) wird versucht, diese Abläufe darzustellen, wobei durch parallel arbeitende primäre Detektorsysteme das Wort hinsichtlich Anlaut, Vokal und Endlaut in seinem zeitlichen Ablauf zwar analysiert wird, aber bereits der Anlaut („WO“) stößt in den parallel arbeitenden Speichersystemen, die man als Reduktionsdatenbanken bezeichnen könnte, eine Vielzahl von Kandidaten mit gleichem oder ähnlichem Anlaut an bzw. aktiviert auf bisher nicht näher bekannte Weise die neuronalen Zugangswege bzw. Verknüpfungen zu den entsprechenden Speicherplätzen (durchgezogene Linie). Mit dem weiteren Zustrom analysierter Wortteile – jetzt dem eindeutigen Vokalbereich („O“) – wird die vorgenannte Aktivierung deutlich spezifischer bzw. es werden jetzt alle Kandidaten eindeutig markiert bzw. aktiviert, welche als Vokal ein „O“ enthalten (gestrichelte Linie). Schließlich wird im zeitlichen Ablauf dann der Endlaut („ORT“) in der Parallelverarbeitung entsprechende Erregungen nach sich ziehen, welche in den Reduktionsdatenbanken für weitere spezifische Aktivierungs- bzw. auch Hemmprozesse Sorge tragen (gepunktete Linie), so dass mit dem akustischen Ende des Wortes aus der Vielzahl der Kandidaten nur noch ein einziger verbleibt („WORT x“).

Es liegt auf der Hand, dass auch dieses für die schnelle Perzeption entscheidend wichtige Verarbeitungsprinzip gelernt und trainiert werden muss. Notwendig ist dabei natürlich das sprachliche Angebot eines breiten Wortschatzes.

Weiterhin kann es beispielsweise durch in dieser sensiblen Entwicklungsphase einwirkenden Störlärm in seinem Aufbau und Einsatz stark beeinträchtigt werden.

Insbesondere auch beim Erkennungsvorgang treten dann Unterbrechungen des Wahrnehmungsflusses auf, mit Umschaltung hinsichtlich zeit- und konzentrationsaufwändigen Memorierens am Wortende.

Bei permanenter und starker Belärmung ist eine ausreichende Perzeption oft nicht mehr möglich und es kommt zu Rückfragen bzw. sogar zum Abreißen von Gedankenketten.

Liegen zusätzlich anderweitig verursachte Veränderungen wie z.B. Hypersensibilität, oder

grundsätzliche Retardierung vor, so ist die negative Wirkung von Lärm auf die korrekte Sprachwahrnehmungsfähigkeit und damit Lernfähigkeit potenziert.

Selbstverständlich tangiert diese negative Wirkung auch die Sprachproduktion (Koartikulation).

Es ist wichtig zu bemerken, dass die herausgehobenen sensiblen Phasen nicht verpasst werden dürfen, da sonst entsprechende Entwicklungsschritte nicht oder nur mangelhaft nachzuholen sind. Sensible Perioden sind des weiteren nicht beliebig verlängerbar, allenfalls nur geringfügig.

Insofern kommt also einer relativ ungestörten, hörrechten Spracherziehung eine große Bedeutung zu. Diese sollte bewusst früh beginnen und unter Ausnutzung der Plastizität des kindlichen Gehirns dem Kind die Aquisition optimaler Lösungsstrategien zum Spracherwerb und kognitivem Verarbeiten ermöglichen.

Schulkinder (6. bis 14. Jahr)

Es ist also im Kindergarten- bis Vorschulalter die fortschreitende Ausbildung des phonematischen Hörens (Gathercole u. Baddeley, 1993; Walter, 1996) eine für die weitere Entwicklung entscheidende Erwerbsaufgabe, die in möglichst ungestörter, natürlicher Sozialumgebung angegangen werden sollte. Dabei sind die im Kleinkindalter noch physiologischen Redeflussstörungen (Tendenzen zum Poltern oder Stottern) umso leichter abbaubar, je mehr der psychosoziale Stress in der Familie und im sonstigen Umfeld reduziert wird (Schulze, 1989; Wirth, 1990; Klicpera u. Gasteiger-Klicpera, 1995), welcher wiederum mit dem Ausmaß des einwirkenden Umweltlärms korreliert.



Eine weitere und letzte Abstraktionsstufe des Sprechens und Hörens wird beim Prozess des Lesen- und Schreibenlernens unter Einbezug von visuell-auditorischen Assoziationszentren

beschritten (Bild 20).

War das Wort bis dahin vom Kind als Ganzheit erlebt, so werden mit der Phonem-Graphem-Korrespondenz bei den frühen Etappen des Lesenlernens die Phoneme herausgelöst: Die phonetische Bewusstheit wird geweckt (Gathercole u. Baddeley, 1993). Gleichzeitig entwickelt sich mit höheren Wahrnehmungsfähigkeiten (Erkennung leiser Töne und Geräusche, Unterscheidung von Klanggestalten, gezieltere Erfassung der Sinnesmanigfaltigkeiten usw.) und kognitiven Fähigkeiten die Möglichkeiten des Ausnutzens der Sprachredundanz und der verlässlichen grammatikalischen Regeln, um auch bei schlechter Sprachqualität oder Störgeräuschen (Bild 21) eine Spracherkennung zu sichern (Hörmann, 1977).

Analyse/Wahrnehmung

Signalerkennung im
Störgeräusch
Erkennung leiser
Geräusche u. Töne
Unterscheidung von
Klanggestalten



Bild 21

Im Schulalter kommt es dann zur Entwicklung von Semantik und zur Ausbildung der lexikalischen Vollständigkeit, wobei das Erlernen der Wortbedeutung und damit die Begriffsbildung durch die Fähigkeit, immer mehr Merkmale zu identifizieren und immer feiner zu differenzieren, erreicht wird (Jansen u. Marx, 1999).

Sowohl beim Erlernen als auch beim Durchführen komplexer Leistungen, wie zum Beispiel dem Verstehen von Sprache, Sprechen, Lesen usw., sind die Assoziationszentren entscheidend, insbesondere hinsichtlich der Aufmerksamkeitszuteilung, mitbeteiligt.

Man ist heute sicher, dass Assoziationsysteme weniger als kortiko-kortikale Verbindungen bzw. Verknüpfungssysteme (Assoziationskortices) zu sehen sind, sondern, dass die subkortikalen Strukturen und damit das gesamte Gehirn mit eingeschlossen sind. Damit wird eine Hierarchie der Flexibilität und Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung und Verhaltenssteuerung erreicht. Je stärker der Neokortex beteiligt ist, desto dynamischer kann z.B. ein gewisses Verhalten aufgegriffen oder aufgegeben werden, bzw. desto schneller kann ein Zugriff auf gespeicherte Information erfolgen (z.B. Sprache).

Aufgaben des Assoziationsystems sind neben der Umschaltung Sensorik-Motorik vor allem also Geschwindigkeitssteigerung kognitiver Informationsverarbeitung und Aufmerksamkeitszuteilung, sowie Lernen, Steuerung motivationaler und emotionaler Prozesse und „Denken“ (Spreng, 1994b).

Beim Menschen ist zwar der Neokortex für höhere Funktionen (z.B. Wissenserwerb, Gedächtnis, Lernen) nicht allein verantwortlich und hat in seiner Größe nicht ausschließlich etwas mit den spezifisch menschlichen Fähigkeiten (sprachlicher, geistiger, moralischer, ästhetischer Art) zu tun. Als entscheidender Teil der besonders entwickelten Assoziationssysteme bildet er jedoch die Basis für multisensorische Repräsentation (z.B. Sprache) und ermöglicht eine enorme Geschwindigkeitserhöhung bei komplexen Informationsverarbeitungsprozessen sowie beim Zugriff auf große Speichersysteme (Sprachmotorik).

Insbesondere ermöglicht das limbische System als weiterer wichtiger Teil der Assoziationssysteme schnelle „Programmänderungen“ und kann Reaktionsweisen entsprechend geänderter Inputsituation – auch bei massivem Eintreffen von Störschallen- hochflexibel anpassen: Verhaltensmodifikation (z.B. Aversion - Akzeptanz).

Da dem Organismus nur eine limitierte Aufmerksamkeitskapazität zur Verfügung steht und deshalb die Gefahr von Inferenzen und Leistungsstörungen besteht, muss ein motivationsabhängiges Kontrollsystem unter Einbezug der Assoziationssysteme vorliegen.

In einem weiteren Schema (Bild 22) wird versucht, diese Funktion der selektiven, aufmerksamkeitsgesteuerten Bahnung und Hemmung vereinfacht darzustellen. Dabei bewirken einlaufende sensorische Erregungen über subkortikale Bereiche (Thalamus, Retikulärformation) primäre Projektionsrindenareale erreichend, zunächst sensorische Aktivierung und sensorische Übertragung (nur max. 1 Sekunde Speicherung im sog. sensorischen Gedächtnis). Von dort wird -bereits vor Speicherung im Kurzzeitgedächtnis- in die betreffenden kortikalen Assoziationszentren übertragen und zur Relaisstation Thalamus unmittelbar und unimodal zurückprojiziert.

Aufmerksamkeitssteuerung unter Mitbeteiligung der Assoziationssysteme

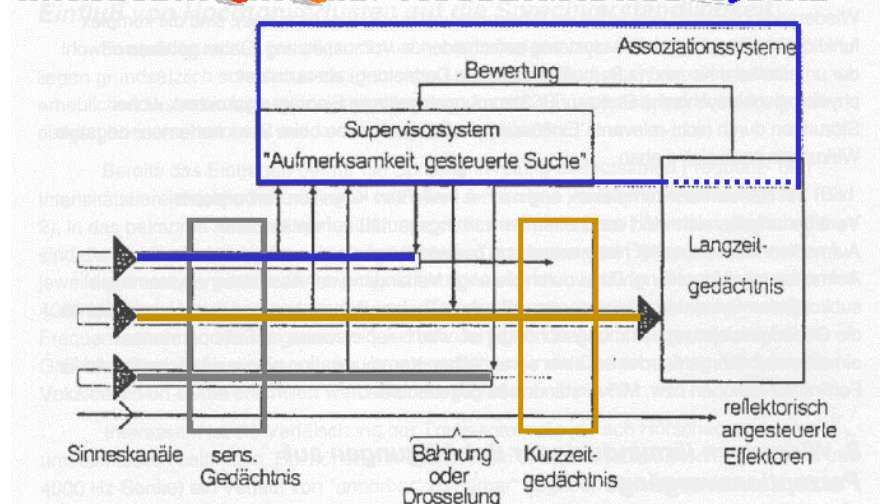


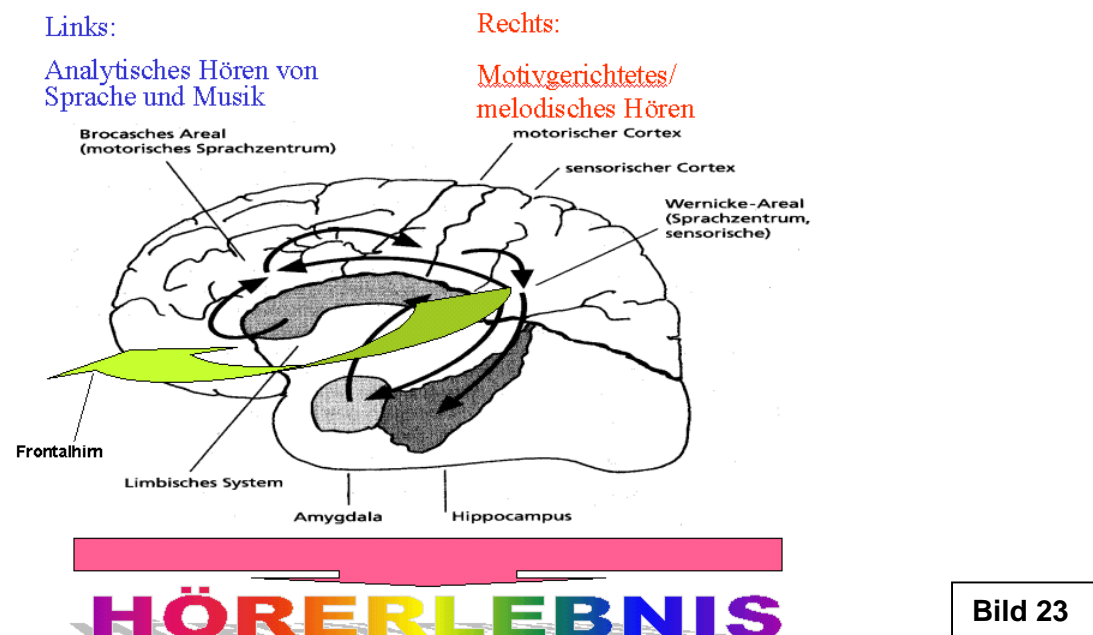
Bild 22

Damit ist –wie im Schema (Bild 22) gezeigt- eine je nach Informationshaltigkeit (Neuigkeit) und Aufmerksamkeitslage mehr oder weniger ausgeprägte Drosselung von Sinneskanälen bereits vor einer Speicherung im Kurzzeitgedächtnis möglich. Über parallele Konvergenz auf die polymodalen und supramodalen Assoziationskortexe, die als Assoziationssysteme

verknüpft sind, kommt es zur weiteren rückläufigen (nicht extra eingezeichnet) Beeinflussung der Retikulärformation und des Thalamus (integrativ kontrollierter Supervisor). Diese Systeme sind dann nicht nur in der Lage, akut bahnend oder drosselnd Sinneskanäle gegenüber anderen zu bevorzugen bzw. zu unterdrücken, sondern es ist auch über teils kognitiv, teils motivational beeinflusste Bewertung eine gesteuerte Suche unter Anstrengung (z.B. Lauschen) möglich.

Die Assoziationssysteme tragen somit als modalitätsselektive (visuell, auditorisch usw.) Entscheidungsinstanz und auch als motivationsgesteuerte (wichtig-unwichtig) Bewertungsinstanz entscheidend zur Aufmerksamkeitszuteilung bei.

Damit ist aber die menschliche Großhirnrinde von zentraler Bedeutung für die kognitive und gedächtnisabhängige Verarbeitung von Höreindrücken (Bild 23). Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen rechter und linker Hemisphäre, wie sie beim Sehsinn nicht gegeben sind. Die frühere Grobeinteilung: links Sprache, rechts Musik ist heutzutage so nicht mehr aufrechtzuerhalten. Man kann beides, Sprache und Musik analytisch hören. Also beispielsweise die zeitliche Aufeinanderfolge bestimmter Muster bevorzugt beachten, wobei die linker Hemisphäre vorwiegend aktiviert ist. Steht jedoch die Sprachmelodie einer Stimme, welche die Stimmungslage des Sprechenden charakterisiert, oder die Melodie bzw. das musikalische Motiv im Vordergrund, dann sind stärkere Aktivierungen auf der rechten Seite des Gehirns gegeben.



Es sind jedoch auch die über verschiedene Verbindungen - nicht nur über die Amygdala-seitens der Hörbahn erreichten weiteren Hirnregionen (z. B. Frontalhirn, limbisches System) hervorzuheben, welche für das emotionale Empfinden verantwortlich sind und so vor allem

die Wahrnehmungsform Hören charakterisieren. Dabei steht nicht nur die emotionale Wirkung von Musik im Vordergrund, sondern generelle Verhaltensmuster, die -zum Teil angeboren- mit akustischen Mustern verknüpft sind.

Letztlich sind dies auch diejenigen Bereiche, über welche die sensorische Stimulation und ihre physiologischen Komponenten und Konsequenzen vermittelt einer individuellen Bedeutungszuordnung zum eigentlichen Hörerlebnis und nur vermittelt spezifischer Bedeutungen sogar zum Kunsterlebnis werden.

All dies mündet in die Frage, ob der Mensch und inwieweit er hinsichtlich seiner Hörwahrnehmung auf einen biologisch/physiologischen Sinn festgelegt ist. Einer Frage, die aus meiner Sicht mit Ja zu beantworten ist.

In der Tat bilden die bereits erwähnten und andere angeborene neuronale Detektorelemente die biologischen Grundtatsachen des Hörens. Durch erworbene auslösende Mechanismen werden sie zu komplexeren Schlüsselreizen für die emotionalen Komponenten der Hörwahrnehmung.

So gibt bekanntlich die Lautstärke einer Stimme Auskunft über die Stimmungslage einer Person und ihre Einstellung zum Angesprochenen.

Bereits Intonation und Atmung können Sympathien und Antipathien auslösen.

Nur bestimmte Klänge, also ein bestimmtes Gemisch aus Vielfachen einer Grundfrequenz und gewissen Intensitätsverhältnissen der Partialschwingungen rufen die Empfindung eines Wohlklangs hervor.

Reduzierung des Hörens auf den Orientierungsbereich, Umfunktionierung des akustischen Angebots zur reinen Signalfolge, Verarmung des emotionalen Hörerlebnisses und die daraus folgende Konsequenz der notwendigen Erhöhung der Signalmenge, geht heutzutage einher mit dem Verlust der Fähigkeit für das Hören leiser Ereignisse, leiser Töne, leiser Worte.

Auch scheint die immer stärkere Abnahme von Zeiten und aufsuchbaren Orten der Ruhe zum Verlernen des eigentlichen Hörens, des Zuhörens beizutragen: Die wunderbar angelegte Fähigkeit zum Lauschen verkümmert.

Der Mensch besitzt ein genetisch festgelegtes System zum Hörerwerb

Dies muss jedoch gezielt zum Hörenlernen eingesetzt werden. Dazu gehört in den frühkindlichen Entwicklungsphasen eine lärmfreie aber natürliche akustische Umgebung, sowie ausreichende persönliche Zuwendung mit Sprach- und Musikangebot. So bilden sich komplexe Schlüsselreize für die emotionalen Komponenten der Hörwahrnehmung.

Spätestens im Schulalter muss das Hörsystem sich so entwickelt haben, dass die Kinder ohne Mühe in der Lage sind, zu lernen, zwischen Nutz- und Störschall zu unterscheiden, Klanggestalten und Klangbilder zu erkennen und aufmerksam zu lauschen. Viele Jugendliche sind nicht mehr fähig, hinzuhören und zu verstehen, was gesagt wird.

Spracherwerb, Spracherkennung und Sprachgebrauch, Erkennung von Wohlklängen und Geräuschidentifikation sind konstruktive, kreative Prozesse die erfahrungsbasierte Unterstützung und erzieherischen Aufwand benötigen, auch Lärmfreiheit in Wohnungen und Schulen.

Bild 24

Hörerziehung kann und muss zum Neulernen des Zuhörens beitragen und sollte die Fähigkeit zum Lauschen trainieren.

Dazu brauchen wir nicht unbedingt mehr Action. Action bietet dem Ohr wenig; es wird mit schnell veränderlichen Schallen problemlos fertig. Schnelligkeit ist für das Gehör nichts Besonderes, seine Grenzen sind diesbezüglich kaum auszuloten.

Ganz im Gegensatz zum Auge, das gegenüber dem Ohr hinsichtlich seiner Verarbeitung verhältnismäßig langsam ist, deshalb schnell an seine Grenzen stößt und daher durch schnelle abrupte Szenenwechsel beeindruckbar ist.

Vielleicht sollten Erzieher und vorallem die Medien der überbewerteten wasserfallartigen Bilderflut gelegentlich einen gemütlich schlängelnden Bach, dann wieder einen ruhigen Strom interessanter, informationsreicher, fesselnder Höreindrücke entgegensetzen.

Höreindrücke, die dem Hörer verdeutlichen, dass er persönlich angesprochen und einbezogen wird.

Das so empfindliche, wunderbar vielfältig und stark emotional verknüpfte Hören hat große Bedeutung, vielleicht umso mehr, je einsamer der in der Bilderflut ertrinkende Mensch wird.

Literatur

Barth, K. (1999): Zur Prophylaxe von Lese-Rechtschreibstörungen: Zeitliche Verarbeitungsprozesse und ihr Zusammenhang mit phonologischer Bewußtheit und der Entwicklung von Lese-Rechtschreibkompetenz. *Dissertation*, Dortmund

Cohen, S.; Evans, G.W.; Stokols, D.; Krantz, D. S. (1986): Behavior, health, and environmental stress. Plenum, New York

Cole, S. K.; Robertson, D.(1992):Early efferent innervation of the developing rat cochlea studied with carbocyanine dye. *Brain Res.* 509: 254 - 260

- Cooper, E. R. K.** (1984): The development of the human auditory pathway from the cochlear ganglion to the medial geniculate body. *Acta anat.* 5: 99 - 122
- Edeline, J.-M.; Weinberger, N. M.** (1992) Associative retuning in the thalamic source of input to the amygdala and auditory cortex: Receptive field plasticity in the medial division of the medial geniculate body. *Behav. Neurosci.* 106: 81-105
- Evans, G. W.; Maxweell, L.** (1997): Chronic noise exposure and reading deficits. The mediating effect of language acquisition. *Environment and Behavior* 29:638-656
- Garsche, H.** (1959): In: Bamberger, A.; Matthes, A. (Hg.), *Anfälle im Kindesalter*. Karger, Basel
- Gathercole, S. E.; Baddeley, A. D.** (1990): Phonological memory deficits in language disordered children: Is there a causal connection? *J. Memory Language* 29: 336-360
- Gathercole, S. E.; Baddeley, A. D.** (1993): Working memory and language. Hillsdale
- Hall, J. W.; Grose, J. H.** (1991): Notch-noise measurements of frequency selectivity in adults and children using fixed-masker-level and fixed-signal-level presentation. *J. Speech Hear. Res.* 34: 651 - 660
- Haines, M. M.; Stansfeld, S. A.; Job, R. F. S.; Berglund, B.** (1996): Chronic aircraft noise exposure and child cognitive performance and stress. 7th International congress on noise as a public health problem. Volume 1 (Carter, N.; Job, R. F. S., ed.), Sydney, Australia
- Hygge, S.** (1992): Vergleichende Untersuchungen über Wirkungen von Flug-, Straßen- und Schienenlärm auf das Langzeitgedächtnis und das Erinnern von Texten bei 12 – 14-jährigen Schülern. *Schriftenreihe Verein Wasser, Boden, Lufthygiene* 88:415-427
- Hygge, S.** (1993): Classroom experiments on the effect of aircraft, traffic, train, and verbal noise on long-term recall and recognition in children aged 12 – 14 years, including a follow-up study on aircraft noise presented at lower dBA-levels. In: Schick, A. (Hg.): *Contributions to Psychological Acoustics*, Oldenburg, pp.627-641
- Hygge, S.; Evans, G. W., Bullinger, M.** (1996): The Munich Airport noise study: Cognitive effects on children from before to after the change over of airports. Proceedings of Internoise 1996. Pp.2189-2194
- Gupta, P. ; MacWhinney, B.** (1995): Is the articulatory loop articulatory or auditory ? *J. Memory Language* 34: 63-88
- Hörmann, H.** (1977): Psychologie der Sprache. Springer, Berlin/Heidelberg/New York
- Jansen, H.; Marx, H.** (1999): Phonologische Bewußtheit und ihre Bedeutung für den Schriftspracherwerb. *Forum Logopädie* 2:7-15
- Johansson, C. R.** (1983): Effects of low intensity, continuous and intermittend noise on mental performance and writing pressure of children with different intelligence and personality characteristics. *Ergonomics* 26: 275-288
- Jorm, A. F.** (1983): Specific reading retardation and working memory: A review. *Brit. J. Psychol.* 74 : 311-342
- Keidel, W. D.** (1980): Biokybernetische Aspekte bei Hör-, Sprach- und Stimmstörungen. In: Spreng, M. (Hg.), *Interaktion zwischen Artikulation und akustischer Perzeption*. Stuttgart/New York, S.1-5
- Klicpera, Ch.; Gasteiger-Klicpera, B.** (1995): Psychologie der Lese- und Schreibschwierigkeiten. Entwicklung, Ursachen, Förderung. Weinheim
- Klinke, R.; Kral, A.; Hartmann, R.** (2001): Sprachanbahnung über elektronische Ohren – So früh wie möglich. *Dt. Ärzteblatt* 98: A3049-3052
- Lauer, N.** (1999): Zentral-auditive Verarbeitungsstörungen im Kindesalter. Stuttgart
- LeDoux, J. E.** (1995): Emotion: Clues from the brain. *Ann. Rev. Psychol.* 46:209-235
- Lenoir, M.; Puel, J. L.; Pujol, R.** (1987): SEM study of the rat cochlear development with emphasis on stereocilia and tectorial membrane. *Anat. Embryol.* 175: 477 - 487
- Linke, D.** (1980): Vorprogrammierung und Rückkopplung bei der Sprache. In: Spreng, M. (Hg.),

Interaktion zwischen Artikulation und akustischer Perzeption. Stuttgart/New York, S. 50 - 57

Lurija, A. R. (1982): Sprache und Bewußtsein. Köln

Masterton, R. B. (1996) Role of the mammalian forebrain in hearing. In *Acoustical Signal Processing in the Central Auditory System*. Syka, J., ed. Plenum Press, New York-London, pp 1-17

Matschke, R. G. (1993): Untersuchungen zur Reifung der menschlichen Hörbahn. Stuttgart/New York

Meis, M. (1998): Zur Wirkung von Lärm auf das Gedächtnis. Explizite und implizite Erinnerungsleistungen fluglärmexponierter Kinder im Rahmen einer medizinischen Längsschnittstudie. Kovac, Hamburg

Neuman, A. C.; Hochberg, I. (1983): Children's perception of speech in reverberation. *J. Acoust. Soc. Am.* 72:

Northern, J. L.; Downs, M. P. (1984): Hearing in children. London

Nozza, R. J.; Rossman, R. N.; Bond, L. C.; Miller, S. L. (1990): Infant speech-sound discrimination in noise. *J. Acoust. Soc. Amer.* 87: 339 - 350

Papso, C. F.; Blood, I. M. (1989): Word recognition skills of children and adults in background noise. *Ear & Hearing* 10: 235 - 236

Pearsons, K. S.; Bennet, R. L.; Fidell, S. (1977): Speech levels in various noise environments. EPA – 600/1-77-025

Pujol, R. (1986): Synaptic plasticity in the developing cochlea. In: Ruben, R. W.; van de Water, T. R.; Rubel, E. W.; (Hrsg.): *The Biology of Change in Otolaryngology*

Pujol, R.; Lavigne-Rebillard, M. (1992): Development of neurosensory structures in the human cochlea. *Acta Otolaryngol (Stockh)* 112: 259 - 264

Quirk, G. J., Repa, J. C., LeDoux, J. E. (1995) Fear conditioning enhances short-latency auditory responses of lateral amygdala neurons: Parallel recordings in the freely behaving rat. *Neuron* 15: 1029-1039

Rogan, M. T., LeDoux, J. E. (1995) LTP is accompanied by commensurate enhancement of auditory-evoked responses in a fear conditioning circuit. *Neuron* 15: 127-136

Ruben, R. J. (1992): The ontogeny of human hearing. *Acta Otolaryngol. (Stockh.)* 112: 192 - 196

Schick, A.; Klatte, M.; Meis, M. (1999) Die Lärmbelastung von Lehrern und Schülern – ein Forschungsbericht. *Z. Lärmbekämpfung* 46(3):77-87

Schneider, W.; Roth, E.; Küspert, P.; Ennemoser, M. (1998): Kurz- und langfristige Effekte eines Trainings der sprachlichen (phonologischen) Bewußtheit bei unterschiedlichen Leistungsgruppen: Befunde einer Sekundäranalyse. Sonderdruck: *Z. Entwicklungspsychologie u. Pädagogische Psychologie*

Schulze, H. (1989): Dysfluency-Syndrome. In: Kittel, G. (Hg.): *Phoniatrie und Pädaudiologie*. Köln S. 103 - 118

Shapiro, B. K.; Palmer, F. B.; Antell, S. et al. (1990): Precursors of reading delay: Neurodevelopmental milestones. *Pediatrics* 416 – 420

Spreng, M. (1984): Physiologische Hintergründe der zentralen Sprachdekodierungsprozesse. *Stimme-Sprache-Gehör* 8: 1 - 7

Spreng, M. (1993): Lärmwirkungen. In: Bruhn, H.; Oerter, R.; Rösing, H. (Hg.), *Musik-Psychologie*. Reinbeck bei Hamburg, S. 655-665

Spreng, M. (1994a): Physiologie des Gehörs. In Biesalski, P.; Frank, F. (Hg.), *Phoniatrie-Pädaudiologie, Bd 2. Pädaudiologie*, Stuttgart-New York, S. 1-48

Spreng, M. (1994b): Assoziationssysteme. In: Schmidtke, H. (Hg.), *Handbuch der Ergonomie*. München

Spreng, M. (1994c): Beeinträchtigung der Kommunikation durch Lärm, Umweltbundesamt

Forschungsbericht 10501213/06, Berlin

Spreng, M. (1995): Neuere Erkenntnisse über die Hörphysiologie im Hinblick auf das Sprachverständnis. Tagungsband, Berufsverband dt. Hörgeschädigtenpädagogen

Spreng, M. (1998) Lärm und seine Auswirkung auf Wahrnehmung und Sprache. In *Auditive Wahrnehmung und Hörtraining.*(Rosenkötter, H.; Minning, u.; Minning,S.; Hrsg.) AUDITIVA, Lörrach-Hauingen 36-54

Spreng, M. (2001) Diskriminationsentscheidende Bedeutung von Kurzzeitschallereignissen. In *Auditive Wahrnehmung und Hörtraining.*(Rosenkötter, H.; Minning, u.; Minning,S.; Hrsg.) AUDITIVA, Kandern-Holzen 28-39

Spreng, M. (2002) Die Wirkung von Lärm auf die Sprachentwicklung des Kindes. In: Huber, L.; Kahlert, J.; Klatte, M. (Hrsg.). Die akustisch gestaltete Schule. Auf der Suche nach dem guten Ton. Vandenhoeck & Ruprecht, 64-77

Spreng, M. (2003) Die Wirkung von Lärm und unerwünschten Geräuschen auf die Sprachentwicklung bei Kindern. In: Schick, A.; Klatte, M.; Meis, M.; Nocke, Ch.. (Hrsg.): Beiträge zur psychologischen Akustik. Hören in Schulen. *bis*, Universität Oldenburg, 117-147

Stange, G.; Holm, C. (1980): Artikulations- und Perzeptionsstörungen in Beziehung zu Veränderungen im Gehör-Sprechsystem und bei Lärmeinfluss. . In: Spreng, M. (Hg.), *Interaktion zwischen Artikulation und akustischer Perzeption.* Stuttgart/New York, S. 6-12

Uziel, A. (1985): Non-genetic factors affecting hearing development. *Acta Otolaryngol.* 421: 57 - 61

Wagner, R. G.; Torgesen, J. K. (1987): The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psych. Bull.* 10: 192-212

Walter, J. (1996): Förderung bei Lese- und Rechtschreibschwäche. Göttingen

Wirth, G. (1990): Verzögerte Sprachentwicklung. In: Wirth, G. (Hg.): *Sprachstörungen, Sprechstörungen, kindliche Hörstörungen.* Köln

Wurst, F. (1986): Auditive Perzeptionsstörungen. *Die Sprachheilarbeit* 31: 74 – 82

Yacullo, W. S.; Hawkins, D. B. (1987): Speech recognition in noise and reverberation by school-age children. *Audiology* 26: 236-246