

## VISUELLE UND AUDITIVE WAHRNEHMUNG

*Reinhold Bagus, Augenoptiker- und Hörgeräteakustikermeister, Essen*

Die visuelle und auditive Wahrnehmung ist von anderen Prozessen abhängig, die nicht zum Wahrnehmungsprozess selbst gerechnet werden:

**Vigilanz (Wachheit), selektive Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Emotionen und Motivation** sind Funktionen und Zustände, die die Wahrnehmung ermöglichen und modifizieren; gleichzeitig aber auch von den Wahrnehmungsprozessen im engeren Sinne beeinflusst werden. Diese Prozesse sind Grundlage jeglichen Lernens.

Prozesse, die kognitiv von einer höheren Ebene auf Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozesse einwirken oder parallel dazu wirken, nennt man **top-down-Prozesse**.

Die Schaltzentralen des *Cortex* (Hirnrinde), wo die bewusste Wahrnehmung stattfindet, werden von der **formatio reticularis** (Konzentrationsstruktur) (Abb.1) und dem **Limbischen System** (Gedächtnis) gesteuert.

Die ***formatio reticularis*** regelt den Schlaf-Wachrhythmus und vergibt die Konzentration für die Sinnesorgane. Wir können nur **einem** Sinnesorgan zu einem Zeitpunkt eine Aufmerksamkeit vergeben. Die ***formatio reticularis*** lässt nur jeweils einer einzigen Aufgabe die volle Aufmerksamkeit zuteil werden.

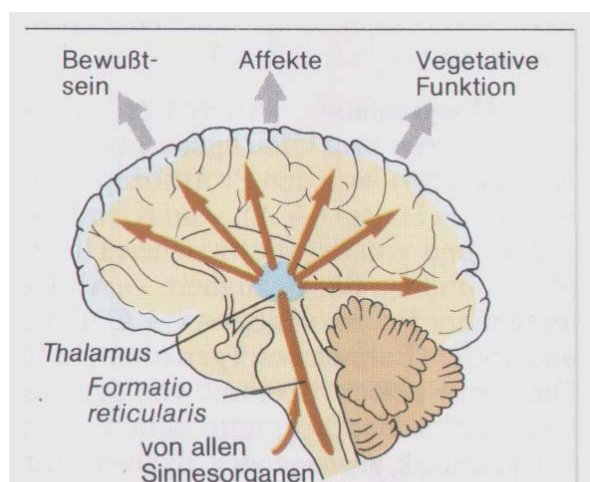
Sie hat nur ein bestimmtes Fassungsvermögen wie eine Batterie oder ein Akku. Verbrauchen wir am Tag zu viel, ist am Abend keine Konzentrationsfähigkeit mehr vorhanden; wir sind leer. Ein Mittagsschlaf zur Halbierung des Tages wird empfohlen.

Das ***Limbische System*** (Abb. 2) steuert unter anderem das angeborene und erworbene Verhalten. Es ist Ursprungsort von Trieben, Motivation und Emotionen (Angst, Wut, Glück, Freude, Unmut, u.v.m.).

Es beinhaltet unsere gesamte Lernerfahrung und bewertet Ereignisse subjektiv gemäß unserer Vorerfahrung (s. Abb. 3: „junge / alte Frau“).

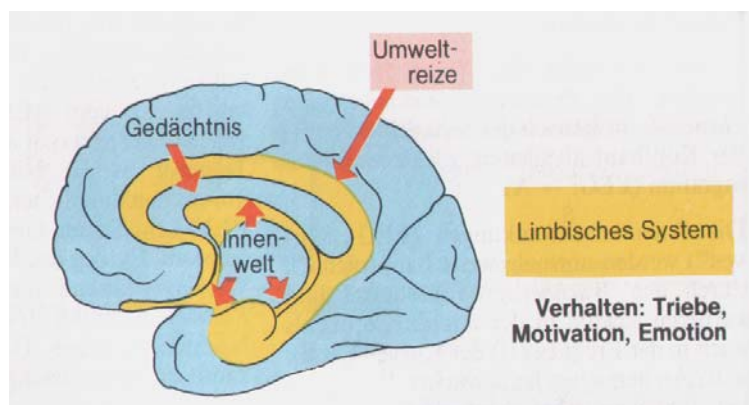
Beide Strukturen (***formatio reticularis*** und ***Limbisches System***) sind eng miteinander verknüpft.

Das ***Limbische System*** bewertet und die ***formatio reticularis*** sorgt für die Konzentration.



**E. Unspezifische (retikuläre) Bahnen zur Großhirnrinde**

**Abbildung 1: formatio reticularis**



**Abbildung 2: Limbisches System**



Abbildung 3: junge Frau/alte Frau

Normalerweise herrscht innerhalb der zentralen Nervennetze ein *gut ausbalanciertes Wechselspiel zwischen Erregung und Hemmung*. Um die Signalerkennung und –verarbeitung zu optimieren, wird vom Zentralnervensystem ein labiles Gleichgewicht zwischen Erregung und Hemmung aufrechterhalten.

Eine weitere prinzipielle Eigenschaft der zentralen Nervennetze in der Hörbahn und in anderen Sinneskanälen ist die *laterale Hemmung*: Nervenzellen leiten Erregungen vorwärts und haben zu den Seiten hin hemmende Wirkung.

Wir sehen mit den Augen immer nur eine Stelle scharf (Brennpunkt).

Außerdem haben wir zwischen *reflektorischen, gedanklichen und reaktionellen Sinnesabläufen* zu

unterscheiden; die gedanklichen und *reaktionellen* sind vom *Limbischen System* abhängig, während wir auf die reflektorischen keinen Einfluss haben.

Für das Erlernen und für die Wahrnehmung sind das aktive, gerichtete Zuhören und Lauschen von besonderer Bedeutung. Über Faktoren der Aufmerksamkeit hinaus sind das Horchen, Lauschen (*listening*, engl.) und Hinsehen (*looking*, engl.) mehr als bloßes Hören (*hearing*, engl.) und Sehen (*seeing*, engl.).

### Das Auge – visuelle Wahrnehmung

Unser Auge ist im Grunde ein einfaches Sinnesorgan, längst nicht so kompliziert und vielschichtig aufgebaut wie unser Ohr:

Lichtstrahlen treffen auf unser Auge. Durch die Hornhaut, Pupille und die innere Augenlinse werden die Lichtstrahlen auf die Netzhaut scharf gebündelt, in elektrische Signale umgewandelt und an die Hirnrinde (*cortex*) zur Erkennung weitergeleitet.

Das Auge ist so konstruiert, dass jegliche Art von Weitsehen ohne Anstrengung geschehen sollte. Kleinste Sehfehler verhindern dies und kosten somit Anstrengung und unnötige Konzentration.

Durch unsere hochtechnologische Zeit werden dem Auge extreme Sehvorgänge abverlangt. Gameboy, Computer, Laptop, Fernsehen und Video verlangen der visuellen Wahrnehmung (*Limbisches System* und *formatio reticularis*) ein Höchstmaß an **Konzentration ab, die der auditiven Wahrnehmung verloren geht!**

Bei geringsten Sehfehlern werden reflektorisch bedingt die 4 geraden und die 2 schrägen Augenmuskeln am äußeren Augapfel zu mehr Leistung aufgefordert.

Normalerweise stehen unsere Augen parallel und werden vom Gehirn als **ein** Auge gesteuert. Fehlstellungen wie Schielen, Silberblick oder unsichtbares Schielen können zu massiven Seh- und anderen Sinnesproblemen führen.

Auch **Fehlstellungen (Phorien)** können bei Nichtversorgung zu Kopfschmerzen führen. Besonders wichtig ist die optimale Sehhilfe bei zusätzlicher Hörstörung, da sich die Stresssituation der Sinnesverarbeitung sonst anhäuft / kummuliert.

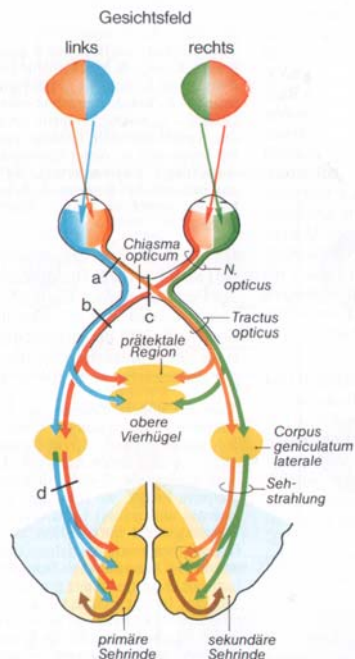


Abbildung 4: Sehbahn

Im **Kreuzknotenpunkt**, dem sog. **Chiasma opticum** (Abb.4) sind beide Augen zu einem Auge verschweißt.

Durch starkes Schielen oder Ungleichsichtigkeit kann es zur **Lösung dieses Kreuzknotenpunktes** kommen. Es handelt sich dann um einen lebenslang irreversiblen Schaden: Ein räumliches Sehen ist jetzt nicht mehr möglich. Es kann nur noch ein Auge am Sehereignis teilnehmen; das andere Auge wird automatisch abgeschaltet. Ansonsten würden wir zwei verschiedene Bilder parallel im Gehirn verarbeiten müssen; dies ist nicht möglich.

Übermäßige muskuläre Anstrengungen bedingt durch die Konvergenz und evt. Fehlstellungen beider Augen verringern das Leistungsvermögen enorm. Oft genug wird dieser Vorgang fälschlicherweise als Wahrnehmungs- oder Konzentrationsstörungen interpretiert. Diese sind dann aber nur Folge / Auswirkung einer peripheren Sehstörung.

Bei einer intakten Sehverarbeitung (Abb.6) haben wir nur

einen **Brennpunkt (fovea centralis)**, in dem wir volle **100% Sehleistung** erzielen. Die Seheindrücke des **gesamten Blickfeldes** werden auf **10%** minimiert;

trotzdem könnten wir ohne Blickfeld nicht Auto fahren oder uns frei bewegen.

Wir benötigen die **Trennschärfe** zur **Selektion (Auswahl)** und **Diskrimination (Unterscheidung)**.

Unsere **Netzhaut (retina)** enthält **Stäbchen** und **Zäpfchen**: beide sind Rezeptoren für Licht. Sie sind auf der **retina** sehr unterschiedlich verteilt. In der **fovea centralis** sind ausschließlich Zäpfchen vorhanden. Diese sind für das Farbsehen und für 100% Sehleistung zuständig.

In der Peripherie der Netzhaut nimmt die Dichte der Stäbchen ab, die bei schlechter Beleuchtung bzw. Nachtsehen und Schwarz-Weiß-Sehen zuständig sind. Wir haben in diesem Bereich außerdem einen hohen Sehschärfeverlust.

Diese Seheindrücke vermitteln dem Gehirn Normalität und Akzeptanz. Niemand beklagt sich über das schlechte Nachtsehen, und jeder fährt praktisch mit verminderter Sehkraft im Dunkeln Auto. Für das **Limbische System** sind dies völlig normale Bewertungsvorgänge, da sie seit Geburt erfahren wurden.

Die Abläufe der visuellen Wahrnehmung sind denen der auditiven sehr ähnlich.

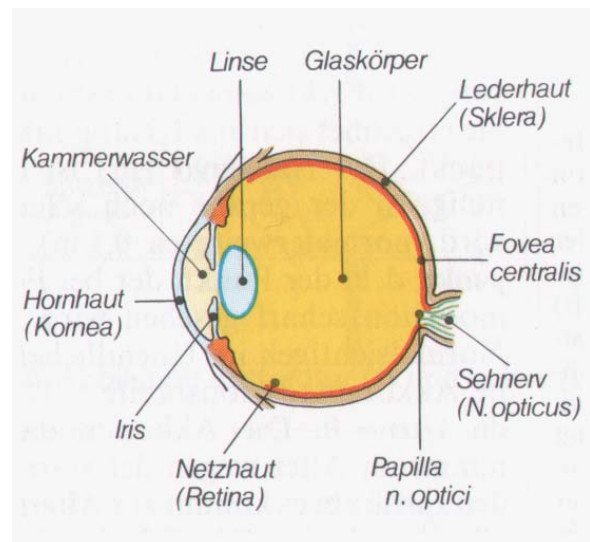
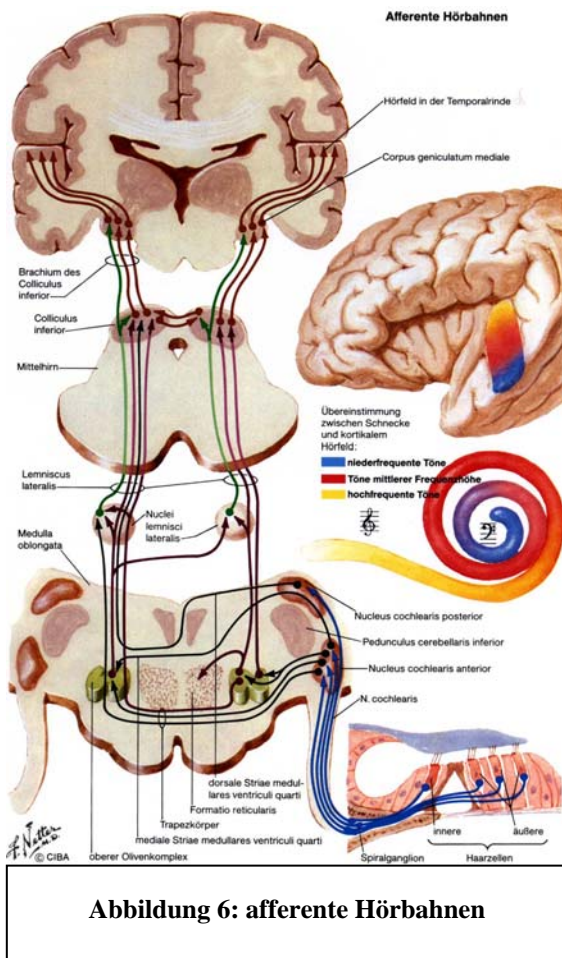


Abbildung 5: Auge

## Das Ohr- auditive Wahrnehmung



Werden diese uns bekannten Umgebungsgeräusche **nicht** mehr wahrgenommen, tritt Unruhe im Hörsystem ein: **Es wird reflexartig mehr Leistung vom Hörsystem eingefordert.** Die Wahrnehmung fokussiert sich auf diese fehlenden Eindrücke unseres Alltags. Werden die Umweltgeräusche wieder wahrgenommen (nach einem vorübergehenden Hörschaden z.B.), oder die Geräusche einer neuen Umwelt interpretiert, stabilisiert sich das System und die normalen Hemmsysteme treten wieder in Kraft.

Fehlen die gewünschten Höreindrücke (z.B. durch einen bleibenden Hörschaden), wird die Hörbahn zu immer mehr Leistung aufgefordert. Sie kann aber qualitativ nicht mehr bringen (durch die Hörschädigung), sodass die **Fehlermeldung** bleibt: die Hörbahn dreht sich höher und höher, bis es zur **Übersteuerung** in den Rückkoppelungsschleifen kommt. Die Übersteuerungen sind dafür verantwortlich, dass die **Hemm- und Filtersysteme**

**praktisch außer Funktion** gesetzt werden. Hohe Überempfindlichkeit bei normalen Lautstärken

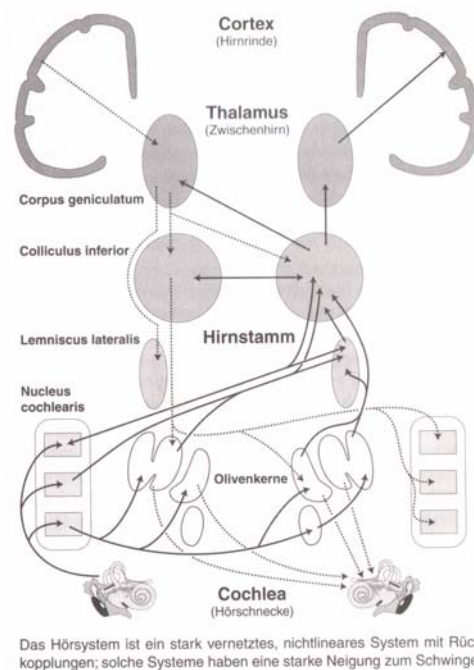
Das Hörsystem hat eine **ausbalancierte Höraktivität** mit **hoher Spontanaktivität**. Es ist **24 Stunden wach und aktiv -immer**.

Es nimmt die **mechanische Wellenbewegung von akustischen Signalen auf** und **setzt sie in elektrische Impulse um**. Diese Impulse werden durch afferente (aufsteigende) Hörbahnen in die verschiedenen *Cortex*-Gebiete geleitet (Abb.6). Hier werden sie codiert und über absteigende (*efferente*) Bahnen gefiltert, gehemmt und zur Bewertung gebracht (Abb.7).

Um nicht an Informationsflut zu ersticken, werden durch **laterale Hemmung 90% unserer Hörinformationen** als unwichtig bewertet, leise gefiltert und **nicht bewußt wahrgenommen**.

Schon kurz nach der Geburt vermitteln uns alle **Umgebungsgeräusche** in unserer Wohnung und Umgebung Ruhe, Geborgenheit und **Normalität**. Sie werden nicht als störend empfunden, denn unser Gehirn erkennt sie und schwächt sie ab, damit sie uns nicht unnötig Konzentration kosten. Das Ohr muss folglich mit Umgebungsgeräuschen umrauscht werden, um eine „Normalsituation“ zu haben ; dies wird als Ruhe im Hörsystem bewertet.

Schema der Hörbahn vom Ohr zum Cortex und ihrer Rückkopplungen



**Abbildung 7: Hörbahn**

(*Hyperakusis*) ist die Folge bis hin zur *Phonophobie*, der Angst/Panik vor jeglichen Geräuschen.

Das Ohr benötigt dringend **ausreichend Eingangsaktivität**, um selbsttätig die Übersteuerung zurückzudrehen.

Nur in einem **ausbalancierten Wechselspiel zwischen Erregung und Hemmung** sind die akustischen Signale optimal zu differenzieren.

Dieser optimale „Input“ ist um so wichtiger bei vorhandener Schwerhörigkeit. Der bestmögliche Ausgleich der peripheren Störung schützt vor weiterer Schädigung der Hörbahn.

Da das Hörsystem ein sehr **vernetztes, nichtlineares System** mit **Rückkoppelungen** ist, neigt es sehr stark zu **Eigenschwingungen**, was zu *Tinnitus* (Ohrgeräusch) führen kann.

Eine Vielzahl von Kontrollmechanismen ist erforderlich, um wichtige Signale zu verstärken und unwichtige abzuschwächen (s. laterale Hemmung). Darüber hinaus muss das Hörsystem mit anderen Teilen des Gehirns verbunden sein, die die Reflexe steuern, die Aufmerksamkeit kontrollieren (*formatio reticularis*) und die Signale bewerten (*Limbisches System*).

### Auditiv-zentrale Verarbeitungsprozesse bei Hörstörung

**Spracherkennung** ist eine Leistung des gereiften Gehirns. Bei hörgeschädigten Kindern besitzt die Reifung des zentralen Hörsystems höchste Priorität.

Die Bildung und Reifung von Hirnstrukturen besteht aus drei Schritten (s. Abb.8):

1. Aussprossung (**Dendriten**) von Nervensträngen (**Axonen**),
2. Bildung von **Markscheiden**
3. Bildung von **Synapsen** und deren Stabilisierung durch Übung.

Für das Erkennen eines jeden sensorischen Reizes benötigen wir ein **Gedächtnis**.

In der *Cochlea* findet bereits eine ausgedehnte **integrative Aktion** statt: In verschiedenen Kodierungsprozessen werden Ortsabbildung, die Zeitauflösung, die Reizfolge und die **Ensembleaktivität**, d.h. die gleichzeitige Erregung mehrerer Neurone im akustischen System integriert, verschlüsselt und in die Hörbahn eingespeist.

In allen Stationen der Hörbahn wirken **inhibitorische (hemmende) Impulse**: diese entspringen im komplexen System der Hörfelder des *Cortex* (Schaltzentrale) und ziehen in Kaskaden bis in das *Cortiorgan* (Hörorgan in der Schnecke) hinunter.

Es existieren somit **deszendierende** (absteigende) Neurone, deren

Effekt sowohl **inhibitorisch** (hemmend) als auch **exzitatorisch** (stimulierend / verstärkend) ist.

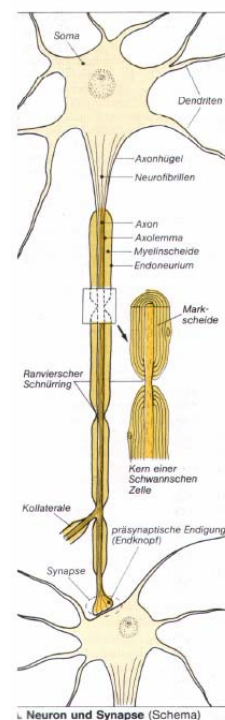
Schon in den Haarzellenspitzen finden unterschiedliche chemische Reaktionen statt:

Wichtige Informationen erhalten eine verstärkende, unwichtige eine hemmende Auslösung.

Die hemmende Steuerung ist abhängig von den Rückkoppelungen des akustischen Systems.

Da bei allen **Hörgeschädigten** alle oder Teile der Haarzellen der *Cochlea* geschädigt sind, führt es lebenslang zu mehr oder weniger starken **Verlusten der hemmenden Aktivitäten**.

Dies geht zwangsläufig mit einem **höheren Konzentrationsverbrauch** einher, da die



**Abbildung 8:**  
**Synapsen**

Hirnstrukturen nicht in der Lage sind, 90% des Schalls als unwichtig auszublenzen. Somit müssen mehr Umgebungsgeräusche verarbeitet und interpretiert werden.

Das Zusammenspiel hemmender und verstärkender Informationen bleibt lebenslang gestört und kann nie mehr eine ausgewogene Balance in der Hörverarbeitung erreichen.

Fehlende hemmende Effekte in allen Stationen der Hörbahn können sogar zu Hyperaktivität der Haarzellen, folglich zur Überempfindlichkeit gegenüber Schallereignissen führen, die für Guthörende normal und unbedeutend sind. Umgebungsgeräusche, die dem Gedächtnis bekannt sind, werden als Ruhe empfunden. Wenige Wochen nach der Geburt erkennt der Säugling schon Umgebungsgeräusche der eigenen Wohnung als Ort der Geborgenheit.

### **Fazit /Ziele:**

1. Möglichst normale Aktivierung der zentralnervösen Informationsverarbeitung
2. Normalisierung der lateralen Hemmsysteme
3. Akustische Signale gezielt in die kranken Aktivierungsmuster einspeisen, um deren synaptische Verknüpfungen zu schwächen, damit die ursprünglichen aktiviert und stabilisiert werden können.
4. Erreichen des natürlichen Wechselspiels zwischen Erregung und Hemmung (Trennung von Nutz- und Störschall).
5. Bei Seh- **und** Hörstörung: möglichst sofortiger Ausgleich des Sehfehlers oder der Phorie, da sich die erhöhte Belastung der formatio reticularis sonst kumuliert.

### **Zur praxisnahen Anwendung in der Hörgeräte-/ Cochlear Implant-Versorgung**

1. Gleitende Anpassung der Hörhilfe/n mit engmaschigen Verlaufskontrollen.
2. Möglichst breitbandige Hörgeräte- oder Cochlear Implant-Anpassung und Nutzung von verschiedenen Schaltungstechniken unter Hervorhebung des Sprachspektrums.
3. Verwendung der neuesten Multi-Mikrofon-Technologie.
4. Anpassung von hochauflösenden Störgeräusch-Unterdrückungen
5. Anpassung mit Mehr-Programm-Technik
6. Verwendung von handy-tauglichen Hörhilfen
7. Wegen der Plastizität und der Formbarkeit der zentralen Nervenetze ist es fast immer möglich, die normalen Funktionsmechanismen zu nutzen / wieder zu aktivieren; deshalb selbst bei Erwachsenen Hörgeräte anpassen, die in den Einstellungsbereichen genug Variabilität zulassen, um gleitend die überdrehten Rückkoppelungsschleifen zurückdrehen zu können.
8. **Aufklärung der Patienten /Eltern über visuelle und auditive Wahrnehmung und deren Bedeutung.**

Aufmerksamkeit wird nur geleistet im einwandfreien Zusammenspiel visueller und auditiver Informationsverarbeitung.

Erfahrene Ärzte sind heute in der Lage, die Leitfähigkeit der Sehbahnen (*visuell evozierte Potentiale, VEPs*) sowie der Hörbahnen (*kognitiv evozierte Potentiale, P-3-Peak*) bis zur letzten Stufe des Gedächtnisses (*Hippocampus*) sicher zu diagnostizieren.

**Neuste Kommunikationsanlagen** verbessern die Wahrnehmungsfähigkeit von Cochlear Implant- und Hörgeräteträgern, sondern auch von Kindern mit **ADS** (*Aufmerksamkeits-Defizit-Störung*) und **ADHS** (*Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Störung*) und allen, die Defizite in der Verarbeitung und Wahrnehmung haben.

Literaturliste:

- Rosenkötter, H.: Auditive Wahrnehmungsstörungen. Klett-Cotta-V., Stuttgart, 2003
- Suchodoletz, v. W. (Hrsg.): Sprachentwicklungsstörung und Gehirn. Kohlhammer-V., 1. Aufl., Stuttgart, 2001
- Hesse, G. (Hrsg.): Retraining und Tinnitus therapie. Thieme-V., Stuttgart, New York, 2000
- Hellweg et.al.: Tinnitus-Retraining-Therapie. Ariston-V., 2. Aufl., Kreuzlingen, 1998
- Baschek, V., Steinert, W.: Diagnostik zentraler Hörstörungen bei Kindern. in: HNO-Nachrichten 3-2003
- Friederichs, E.: Auditive Verarbeitungs- und Wahrnehmungsstörungen. Phonak: EduLink™  
Der Link zum Lernen

© R. Bagus  
Bagus GmbH  
Bochumer Str. 40  
D-45276 Essen  
Fon: +49 201 85125 0  
Fax: +49 201 85125 25  
e-mail: info@bagus-gmbh.de  
www.bagus-gmbh