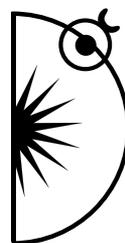


## **Przegląd Badań Edukacyjnych Educational Studies Review**

ISSN 1895-4308  
nr 21 (2/2015), s. 119–136

METAANALIZY  
BADAŃ  
EDUKACYJNYCH



Andrzej Majewski

Akademie für Psychomotorik, Rednitzhembach, e-mail: info@majewski-akademie.de

Jolanta Majewska

Akademie für Psychomotorik, Rednitzhembach, e-mail: jola@majewska.de

## **Sensorische Integration. Analytische Evaluation. Vorwort: Zum Begriff der sensorischen Integration**

<http://dx.doi.org/10.12775/PBE.2015.051>

### **Sensory Integration. Analytical Evaluation**

#### **Abstract**

The sensory integrative therapy was developed by Dr. Jean Ayres in the seventies with the objective of helping children with developmental, behavioral and learning problems.

The sensory integrative therapy (SI) has spread mainly in the US, Europe, Australia, and Japan and to date has chiefly been used by ergotherapists when treating children with behavioral problems. However, case-control studies have so far been unable to verify the effectiveness of this method.

According to today's scientific findings of developmental neurology and psychology the theory of the sensory integration therapy has to be assessed critically. In our article we subject the theoretical foundations of the sensory integrative therapy to a scientific analysis from the perspective of the chaos theory, of endocrinology, of constructivism, of motology, and of neuropsychology.

The results of this analysis together with an analytical evaluation show that the sensory integrative therapy is based on theoretical assumptions which are no longer in accordance with the current state of scientific knowledge. Though the SI has meanwhile been modified, it has not lead to a fundamental change of therapeutic targets and methods. It is still assumed that developmental, learning, and behavioral disorders are normally based on "neurophysiologically definable" deficits in the so-called Sensory Integration of basic perceptions like

touch, proprioception and equilibrium functions, and that it is necessary to normalize the fundamental dysfunctions by specific therapeutic methods in order to treat the developmental and learning disorders. However, so far it has not been possible to convincingly prove the existence of such “neurophysiologically reasoned” processing disorders of sensory information. The critical appraisal of the method is not an overall critique of ergotherapy when it comes to children. The methods used in the SI therapy can contribute positively to a sense perception of touch, movement, and equilibrium reactions. In many cases this method makes approaching the children easier. However, up to now, no evaluation studies have been able to verify any specific effect of the SI therapy on children with learning and behavioral disorders.

**Key words:** Sensory integration; psychology; therapy; developmental, behavioral, and learning problems

Als Begründerin der sensorischen Integrationstherapie gilt Dr. Jean Ayres. 1915 in Kalifornien geboren, war sie viele Jahre Mitarbeiterin des Hirnforschungsinstitutes in Los Angeles. 1950 begann sie die Forschung über die Ursachen von Lernstörungen. Ihr Interesse galt vor allem den neurologischen Grundlagen des menschlichen Verhaltens. Die Ergebnisse Ihrer wissenschaftlichen Forschung hat sie in zwei Büchern dargelegt: „Sensorische Integration und Lernschwierigkeiten“, 1979 und „Bausteine der kindlichen Entwicklung“ in fünf Auflagen beim Sprinher-Verlag: 1984, 1998, 1992, 2002, 2013.

Ayres definierte SI. als „Die sinnvolle Ordnung und Aufgliederung von Sinneserregungen um diese nutzen zu können“ (Ayres, 1998, s. 322). Weiter erklärt sie: „SI erfolgt immer dann, wenn ein Kind von sich aus auf eine entsprechende Reizeinwirkung eine erfolgreiche Anpassungsreaktion plant und ausführt“ (Ayres, 1998, s. 247).

Nach dieser Definition ist SI. ein Prozeß, in dem das Gehirn Informationen von den Rezeptoren aufnimmt, differenziert, erkennt, deutet, sortiert, hemmt und eingliedert um darauf mit einer passenden Reaktion zu antworten.

D.h. SI wäre ein neurologischer Prozeß der alle Bereiche der Wahrnehmung und der Motorik umfaßt und der es nach dem Input-Output Prinzip ermöglicht eine dem Umfeld angepaßte Reaktion des Individuums auszuführen. Also, jede sinnvoll und wunschgemäß durchgeführte Handlung, die in einer erfolgreichen Tätigkeit endet, setzt eine intakte SI voraus.

## **Zum Platz der sensorischen Integrationsbehandlung im System der heilpädagogischen Bewegungsmethoden**

### **Sensorische Integration**

In dem Konzept wird davon ausgegangen, dass Wahrnehmung integrative Prozesse voraussetzt. Die vom Individuum aufgenommenen Reize werden ins ZNS weitergeleitet und überfluten das Gehirn förmlich unkontrolliert. Damit diese Reize sinnvoll verwendet werden, d.h. damit ein Mensch sich beispielsweise angemessen zur Situation bewegen kann, und adäquat reagieren kann, müssen diese Reize geordnet werden.

Dieser Vorgang, der laut SI-Konzept, den Hauptteil der Wahrnehmungsverarbeitung ausmacht, wird nach Ayres als „sensorische Integration“ bezeichnet, „Sensorische Integration ist der Prozess des Ordners und Verarbeitens sinnlicher Eindrücke (sensorischer Inputs), so dass das Gehirn eine brauchbare Körperreaktion und ebenso sinnvolle Wahrnehmungen, Gefühlsreaktionen und Gedanken erzeugen kann. Die sensorische Integration sortiert, ordnet und vereint alle sinnlichen Eindrücke des Individuums zu einer vollständigen und umfassender Hirnfunktion (Ayres, 1998, s. 47).

Das Ergebnis einer guten sensorischen Integration besteht einerseits aus einem guten koordinativen Zusammenspiel von allen Körperteilen und andererseits aus der Fähigkeit, ein Objekt als Ganzes zu erkennen, um die Augen, Hände und Finger planvoll und koordiniert zu gebrauchen (vgl. Ostermann 2008, s. 8). Auch das Lernen in der Schule verlangt viele von diesen zielgerichteten komplexen Handlungen, denn Anpassung und Lernen sind für das Gehirn nur dann mühelos zu bewerkstelligen, solange der Körper mit all seinen Sinnen als ein Ganzes zusammenwirkt (vgl. Ayres, 1998, s. 52).

Wenn Kinder in die Schule kommen soll die sensorische Integration, damit ist die Fähigkeit, wichtige Botschaften zu erkennen und hieraus eine Reaktion in Form von geplanten Handlungen durchzuführen, zu einem wesentlichen Teil gelungen sein. Sensorische Integration hat nichts mit Intelligenz zu tun, wohl aber mit der Möglichkeit, diese nutzen zu können. Sie ist ein Teil der normalen Entwicklung. Somit kann allen Kindern durch eine gezielte Förderung geholfen werden. Die Reihenfolge der Entwicklung der Wahrnehmungsverarbeitung, die Integration der Wahrnehmung, sowie ihre Verarbeitung in Form von Reaktionen wird von ihrer Wichtigkeit bestimmt. Je grundlegender eine Sinneswahrnehmung für das Sinnessystem ist, desto wichtiger ist seine Funktion (vgl. Ostermann, 2008, s. 9).

Beobachtbare Ergebnisse einer guten sensorischen Integration sind unter anderem Konzentration und Merkfähigkeit, Tonus- und Gleichgewichtsregulation, Körper- und Feinkoordination, Kraftdosierung und Feinmotorik, Wortverständnis und Sprache, Rhythmus und Musikalität, Lesen, Schreiben und Rechnen, Selbsteinschätzung, Selbstsicherheit und Selbstbewusstsein. Störungen der sensorischen Integration können zu viel oder zu wenig Reaktionen auf Sinnesreize, eine nicht angepasste Bewegung, eine mangelnde Koordination, Schwierigkeiten beim Lernen oder seltsame Verhaltensweisen, sein (vgl. Ostermann, 2006, s. 10).

Die Wahrnehmungsstörungen/Lernstörungen werden in dem Konzept mit mangelhafter Integration von einzelnen Sinnesmodalitäten in ein umfassendes funktionales System begründet. Das Ziel der Therapie ist deshalb die Versorgung des ZNS mit einem geplanten und kontrollierten sensorischen Input durch das Hervorrufen einer verwandten, adaptiven Reaktion, um die Organisation der „Hirnmechanismen“ zu fördern.

An anderer Stelle schreibt Ayres: „SI ist der Prozeß des Ordnen und Verarbeitens sinnlicher Eindrücke (sensorischen Inputs), so dass das Gehirn eine brauchbare Körperreaktion und ebenso sinnvolle Wahrnehmung, Gefühlsreaktionen und Gedanken erzeugen kann. Die sensorische Integration sortiert, ordnet und vereint alle sinnlichen Eindrücke des Individuums zu einer vollständigen und umfassenden Hirnfunktion“ (Ayres, 1998, s. 47).

Als Konsequenz für das therapeutische Vorgehen formuliert Ayres (1979, s. 86ff) allgemeine Prinzipien und Methoden der Intervention. Diese werden hier in kurzer Form dargestellt. Durch einen adäquaten sensorischen Input wird versucht, eine verbesserte Reaktions- Organisation zu erzeugen. Die dazugehörige Rückkoppelung wird als bedeutsame Hilfe für die weitere motorische Planung und Ausführung angesehen.

Entscheidende Bedeutung im Integrationsprozeß mißt J. Ayres dem taktilen System bei. Sie ist der Meinung, dass taktile Reize ein primärer Input für die *Formatio reticularis* sei. Ist die Reizschwelle so niedrig, dass das Kind sich „taktil defensive“ verhält, schlägt Ayres (1979, s. 88) vor, das Nervensystem zuerst über das propriozeptive System zu „normalisieren“. An zweiter Stelle der Modalitäten nennt J. Ayres das vestibuläre System. Es sorgt nicht nur für unser Gleichgewicht, sondern reguliert den Muskeltonus und normalisiert die Augen – Bewegungen.

Der therapeutische Ansatz ihrer Idee hat in der Sonder- und Heilpädagogik große Beachtung und Verbreitung gefunden. Die Erkenntnisse über die *Formatio reticularis* und die Zusammenhänge zwischen vestibulären, taktilen und

propriozeptiven Aktivierungsprozessen und dem allgemeinen reticulären Aktivierungssystem können – aus unserer Sicht – nicht hoch genug eingeschätzt werden.

Dieser Ansatz hat sich nicht nur als theoretische Hilfe zum Verstehen von Problemen bei MCD erwiesen, sondern gibt konkrete praktische Hilfe zur Förderung von Kindern mit besonderen Entwicklungsproblemen.

Andererseits, aus der Sicht der Neuropsychologie, der Heil- und Sonderpädagogik und der Motologie müssen einige Ausführungen, die wissenschaftlich nicht fundiert sind, aber zum Kern ihrer Theorie gehören, kritisch betrachtet werden.

Das Konzept von J. Ayres läßt sich zwar als System von Aussagen und Methoden verstehen, durch die eine Annäherung an das Problem der menschlichen Wahrnehmung möglich wird. Aber es sucht auch nach „befriedigender“ Erklärung für alles, was uns einer Erklärung zu bedürfen scheint.

Die von J. Ayres entworfenen Ordnungsmodelle zur „Normalisierung“ der Wahrnehmung müssen sich mit ihren Hypothesen und Theorien permanent der öffentlichen Kritik stellen. Sie sind niemals endgültige Wahrheiten.

Der Ansatz: Alles messen und erklären, was meßbar und erklärbar ist, und alles meßbar und erklärbar machen, was noch nicht meßbar und erklärbar ist, führte zur Eliminierung alles dessen, was nicht meßbar und erklärbar zu machen war (Majewska, Majewski, 2010, s. 169).

Augustin schreibt in ihrem 1986 veröffentlichten Buch: „Therapeutische Maßnahmen, die im kognitiven Bereich ansetzen, also mehr auf der Funktionsebene des Großhirns erfolgen, führen selten zu einer sensorischen Integration und Organisation der darunter liegenden Funktionen des Stamm- und Mittelhirns. Sie können sogar Integrationsfunktionen zusätzlich hemmen. Ist dagegen die Aufmerksamkeit des Kindes auf die Tätigkeit selbst gerichtet, fließen die verschiedenen Sinnesinformationen zusammen, so fördert dies die neurologische Integration“ (1986, s. 347).

Also das grundlegende Prinzip der Therapie von J. Ayres basiert auf der Annahme, dass durch einen Rückgriff auf phylogenetisch frühe Verhaltens- und Bewegungsmuster normale, d.h. altersadäquate adaptive Verhaltensweisen aufgebaut werden können (Ayres, 1979, s. 29ff).

Aber Lernen auf Hirnstammebene, so wie Ayres dies darstellt, ist wissenschaftlich nicht haltbar. Forscher, die sich mit Lernen und Gedächtnis beschäftigen, gelangen zunehmend zu der Auffassung, dass Individualität zu einem großen Teil durch das geformt wird, was ein Mensch von der Welt, die ihn umgibt, aufnimmt und behält. Intellektuelles Wissen hingegen wird größtenteils durch

bewußtes Bemühen gewonnen. Das Neue wird mit früheren Erfahrungen verglichen, und man stellt während des Lernprozesses Schlußfolgerungen an über Ursachen und oder Ergebnis eines Ereignisses. Das intellektuelle Wissen ist Produkt der höchsten Aktivität des Menschen.

## **Sensorische Integration aus der Sicht der Neuropsychologie und der Motologie**

Das Wissen über die synaptischen Prozesse ist entscheidend für das Verständnis nervaler Kommunikation. Hier findet die Selektion und Integration des unüberschaubaren Informationsangebots statt, sowie die Speicherung von Informationen, denen der Organismus permanent ausgesetzt ist. Die Gehirntätigkeit hängt ab von aufeinander abgestimmten elektrochemischen Energien und chemischen Reaktionen, die eine 10-Watt Glühbirne zum Leuchten bringen könnten.

Da das Zusammenspiel der verschiedenen neuroanatomischen und peripheren Strukturen nicht nur über Nervenleitungen gesteuert wird, sondern auch auf hormonellem Wege, sollten auch gewisse Grundlagen der Neuroendokrinologie mit berücksichtigt werden. Von besonderer Bedeutung sind in dem Zusammenhang Hormone, die bei der Aktivierung von Synapsen beteiligt sind. Sie sind Schlüsselsubstanzen für die vielfältigen Leistungen hochorganisierter Lebewesen.

Das menschliche Nervensystem ist ein komplexes Netz, gebildet aus einigen Milliarden Nervenzellen, die die Fähigkeit haben, Signale zu empfangen, zu speichern und weiterzuleiten. Die Nervenzelle ist der Baustein des Nervensystems und damit auch des Gehirns. Sie unterscheidet sich von anderen Zellen äußerlich durch die große Zahl langer und dünner Fortsätze, mit denen sie Signale von anderen Nervenzellen empfängt. Mit einem dieser Fortsätze (Nervenfaser) kann sie ihrerseits Signale weitergeben.

Wenn die Nervenzellen untereinander oder mit nicht zum Nervensystem gehörenden Zellen kommunizieren, wirken ihre lange Fortsätze, ungefähr wie elektrische Leitungen, aber sie sind Flüssigkeitsgefüllte, zylindrische Strukturen, die auch Nährstoffe und andere wichtige Substanzen vom und zum Zellkörper transportieren können. Wenn bio-elektrische Impulse das Ende der Faser erreichen, so müssen sie den Zwischenraum zur nächsten Zelle gewöhnlich auf chemische Weise, das heißt mit Hilfe von Transmittersubstanzen, überspringen. Bei dem Weg vom Rezeptor zum Gehirn, dann im Gehirn selbst und auf dem Weg zum Effektor wird ein bio-elektrischer Impuls millionenfach umgeschaltet, verglichen, verarbeitet, assoziiert, differenziert, sortiert, gehemmt,

beschleunigt, eingegliedert u.s.w. und mit Hilfe der Denkprozesse neu interpretiert. All das wird von unserem Gedächtnis getragen. Dabei muß man zwischen Kurz- und Langzeitgedächtnis unterscheiden. Das Kurzzeitgedächtnis ist dynamisch und durchlässig. Am Langzeitgedächtnis hingegen sind dauerhafte neurochemische Veränderungen beteiligt, die zu lebenslanger Erinnerung führen. An dem aktiven Vorgang der Speicherung sind zwar die Schläfenlappen und der Hippokampus beteiligt, aber das Langzeitgedächtnis liegt anscheinend nicht an einer bestimmten Stelle (Remy Press, 1991, s. 112ff).

Um einen möglichst optimalen Output auf eine Reizeinwirkung zu erreichen, muß der Impuls „Seinen“ Weg finden. Das menschliche Gehirn setzt sich aus ca. 100 Milliarden Nervenzellen und aus über 1 Billiarde Nervenverbindungen zusammen. Wie ist es möglich, dass die Nervensignale „Ihren“ Weg finden? Und zwar mit einer Geschwindigkeit von c.a. 400 Km/h.

Eine Schlüsselrolle bei der Wahrnehmung spielt die Aufmerksamkeit. In jedem Moment strömt eine Unzahl von Sinneseindrücken auf uns ein. Aber schon auf der Rezeptorebene wird gefiltert, gewählt und aussortiert, welche Informationen ans Gehirn weitergeleitet werden sollen. Dort wird dann weiterselektiert, und zwar unter dem Einfluß „höherer“ Zentren.

Nach Ansicht von J. Ayres sind die neuralen Prozesse im menschlichen Gehirn zum größten Teil linearen Abläufen unterworfen und haben einen autonomen Charakter.

Bis zu einem gewissen Ausmaß, jedoch nicht gänzlich, ist jedes Einzelniveau der Neuralstruktur beim Menschen heute noch zu einer kompletten Neuralorganisation fähig und muß ein relativ selbständiges sensorisch-integratives System versorgen. Sobald sich eine bestimmte Struktur entwickelt, ändern sich die Funktionen des gesamten Nervensystems, jedoch weniger in ihrer Art als im Grad der Komplexität.

Jede neue Neuralstruktur versorgt zusätzliche aber nicht ersetzende Kontrolle. So bietet jedes Niveau des Nervensystems heute in gewisser Hinsicht eine relativ komplette sensorische Integration. Die darüber liegenden Strukturen üben einen entscheidenden Einfluß aus, und die darunter liegenden sind immer noch abhängig von den höheren Strukturen. In dem sich entwickelnden menschlichen Gehirn ist es bedeutsam, dass die integrierenden Mechanismen im Hirnstamm, die einige relativ verfeinerte sensomotorische Muster ablaufen lassen können, optimale Reifung erlangen, da höhere Funktionsniveaus abhängig von adäquater Integration auf Hirnstammniveau sind. Eine nicht zufällige, adäquate Ausführung sensomotorischer Funktionen im Hirnstamm ist abhängig von niederen Rückenmarksfunktionen (Ayres, 1979, s. 21).

Peter Schiller, Sehforscher am MIT in Cambridge (Massachusetts), USA-, warnt. Es ist ganz wichtig, dass man sich die Verarbeitung von perzeptuellen Informationen nicht als „forward processing“ vorstellt nach der Regel: „Gehe von A nach B und so weiter, bis du bei Y landest“. Es kommt vielmehr überall zu Interaktionen, zu Wechselwirkungen:

der Output einer Nervenzelle wird nicht nur vom perzeptuellen Input bestimmt, sondern auch davon, was höhere Zentren nach dem Top-Down und Bot tom-Up Prinzip zurückmelden. Top-Down heißt, dass vom Gehirn nach unten, also bis zu den Sinnesorganen hin, bestimmt wird, was wahrgenommen werden soll. Der Top-Down Effekt steuert die Bot-tom-Up-Informationen, also alle Daten, die von den Sinnesorganen über das Nervensystem zum Gehirn geleitet werden. Demzufolge werden alle unsere Sinneseindrücke unabhängig von unserem Willen manipuliert. Alle Sinneszellen tun jedoch in einer Hinsicht genau dasselbe: sie setzen die Reize, die sie empfangen, in Nervenimpulse um. Nervenimpulse vom Auge unterscheiden sich in keiner Weise von Nervenimpulsen aus dem Ohr oder von der Haut. Das Gehirn weiß dennoch, was die Impulse bedeuten. Sie erreichen über ganz bestimmte Nervenbahnen die jeweils ganz bestimmten Sinnen zugeordneten Hirnregionen (Rechenzentren). Ein Beispiel kann es deutlich machen, wie die Integration eines einfachen taktilen Reizes von dem Top-Down Effekt gesteuert wird.

Möglicherweise dauern manche Vorgänge bei der Bildverarbeitung in unserem Gehirn eine beträchtliche Zeit, und dennoch erleben wir unsere Schwelt nicht verzögert. Wir können nämlich etwas erleben, bevor es unser Gehirn errechnet (integriert). Das hat B. Libet in Kalifornien am Beispiel der Tastwahrnehmung herausgefunden. Wird man kräftig am Arm berührt, dann meldet das Gehirn den Reiz rasch ins Bewußtsein. Wird man dagegen sehr zart berührt, so dauert es eine halbe Sekunde, bis das Gehirn diesen Reiz verarbeitet hat und ins Bewußtsein meldet.

Eine halbe Sekunde, die es in unsere Wahrnehmung einfach nicht gibt! Der Reiz ruft eine elektrische Erregung im betroffenen Rezeptor hervor, die bereits 14 Tausendstel Sekunden später im Gehirn, im „sensorischen Cortex“ eintrifft. Dort dauert es nun eine halbe Sekunde, bis die Art des Reizes und seine genaue Lage festgestellt ist niemand weiß bis heute, warum das so lange braucht. Dann erst wird die Berührung in unsrem Bewusstsein gemeldet zusammen mit dem Vermerk, sie möge doch bitte eine halbe Sekunde früher wahrgenommen werden. Diese unglaubliche Tatsache läßt sich experimentell beweisen (A. Maelicke, 1990, s. 68–69ff).

## **Wahrnehmungen sind also Hypothesen unseres Gehirns**

Hypothesen und Schlußfolgerungen sind zweifellos kognitive Leistungen und keine integrative moto-sensorische Vorgänge. Nimmt man als Grundlage die Definition von „integrativen Leistungen des ZNS“ von Schmidt, wird deutlich, dass integrative Prozesse kognitive Funktionen sind, und dass man deshalb nicht argumentieren kann, dass eine tätigkeitsbezogene Aufmerksamkeit und ein sensomotorischer Handlungsplan (im Gegensatz zum formal-logischen Denkprozeß) keine kognitive Funktion und deshalb keine Cortexarbeit beinhalte (Pflüger, 1991, s. 187ff). „Als integrative Leistungen des ZNS werden diejenigen Prozesse zusammengefaßt, die nicht unmittelbar der Verarbeitung der sensorischen Zuflüsse oder der Tätigkeit der motorischen und vegetativen Zentren zugeordnet werden können“ (Schmidt 1987, S. 132). Dazu gehören u.a. Bewußtsein, Sprache, Denken, Gedächtnis, die Fähigkeit zum Lernen mit Urteilsvermögen, Verallgemeinerung, Kreativität, die Bildung von Standpunkten, Planung der Problemlösung, Logik, Einsicht und Intuition, Motivation, aber auch altruistische Verhaltensweisen, probabilistische und pars-pro-toto Fähigkeiten unseres Gehirns.

Diese Erkenntnisse bestätigen, was Hippokrates, vor 2400 Jahren erklärte: „Im Gehirn und nur im Gehirn entspringen unsere Wonnen und Freuden, unser Lachen und Scherzen, aber auch Sorgen, Schmerzen, leiden und Ängste“. In unserem Gehirn entstehen Gefühle und Gedanken. Aber er ist auch zugleich die oberste Hormondrüse unseres Organismus. Hier werden nicht nur Nervensignale gesendet, empfangen und verarbeitet. Er ist eine Zentrale, in der alle Körperfunktionen geregelt werden und die das komplizierte Zusammenspiel zwischen Molekülen, Zellen, Geweben und Organen ausbalanciert.

## **Unser Gehirn benutzt dazu Botenstoffe, die Hormone**

Ein Bereich im Zwischenhirn, so groß wie eine Kirsche sorgt für die Verschaltung von Psyche, Nervensystem und Hormonhaushalt: der Hypothalamus. Er ist auch beteiligt an der Kontrolle von Körpertemperatur, Kreislauf, Sexualität und Schlaf. Adressat der Hypothalamushormone ist die Hypophyse. Die wiederum beeinflusst die Funktionen der Schilddrüse, der Nebennierenrinde, der Hoden oder der Eierstöcke. Unser Gefühlsleben wird auch von Hormonen gesteuert. So steigern männliche Geschlechtshormone das Verlangen nach Sex, Prolactin dagegen bremst es. Weibliche Sexualhormone können Frauen die Tage vor der Menstruation zur Qual werden lassen. Während des PMS sind Depressionen

und Lustlosigkeit keine Seltenheit. Was während der prämenstruellen Phase im Gehirn abläuft, ist noch nicht genau bekannt.

Tatsache ist, dass sich bei Frauen die EEG-Wellen in Abhängigkeit vom Zyklus ändern. „Vermutlich wird eine bestimmte Gruppe von Nervenzellen im Gehirn, das sogenannte noradrenerge System, mit der Ovulation aktiviert. Dies könnte auch den Temperaturanstieg nach dem Eisprung verursachen. Vor der Menstruation erreicht die Aktivität einen Höhepunkt. Die Spizensporzlerinnen sind während der prämenstruellen Phase in Sportarten, in denen es auf Reaktionsschnelligkeit ankommt, zum Beispiel beim Sprint, erfolgreicher als sonst“. Erklärte Wofgang Wuttke, Endokrinologe in der Göttinger Universitätsfrauenklinik. Sind Gefühle und Stimmungen der Frau also nichts als ein Produkt ihres Hormonzyklus? Tatsächlich behaupten manche Wissenschaftler, dass Frauen in den Tagen um den Eisprung herum-wenn sie also schwanger werden können und Sex „biologisch sinnvoll“ ist, vermehrt Lust auf Sex haben.

Wissenschaftler haben entdeckt, dass ACTH, auch einen Effekt auf das Gehirn hat: Es mindert die selektive Konzentration. Die allgemeine Aufmerksamkeit dagegen wird durch ACTH verbessert. Psychiater, Psychologen und Hormonforscher berichten, dass Störungen in der Steuerung des Hormonsystems durch das Gehirn Menschen in den Selbstmord, treiben. Auch ein geringfügiges Defizit eines Botenstoffes im Gehirn kann die Persönlichkeit eines Individuums zerstören. Zahlreiche Experimente haben gezeigt, dass Gefühle die Auswahl des Materials, das gespeichert werden soll, beeinflussen. Also, werden auch zwei der wichtigsten Voraussetzungen für die Wahrnehmung: unsere Motivationsbereitschaft und Konzentrationsfähigkeit durch Hormone beeinflusst. Die kurze Neurohumorale Aufzeichnung verdeutlicht, wie groß ist die Macht der Moleküle und wie sie, gesteuert vom Gehirn unser Leben und unsere Wahrnehmung beeinflussen können. Versucht man trotzdem die Integration eines sensorischen Inputs hauptsächlich der Hirnstammebene zu überlassen, reduziert man die Förderung der Kinder auf ein funktionelles Training. Ob damit eine für die Alltagssituationen brauchbare neurologische Integration ermöglicht wird, ist stark anzuzweifeln.

### **Sensorische Integration aus der Sicht der Chaostheorie**

Das Geheimnis der Vielfalt unsres Gehirns liegt in einer als „Nichtlinearität“ bezeichneten Eigenschaft komplexer Systeme – Zentren verborgen. Die Wechselwirkungen zwischen den Teilen dieses Systems lassen sich nicht addieren, das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile. Solche unberechenbaren Wir-

kungszusammenhänge werden heute in der Wissenschaft als „chaotische Systeme“ bezeichnet. Chaos ist also hier im Grunde genommen nur ein anderes Wort für das Unberechenbare.

Die Chaos-Forschung versucht, eine Brücke zwischen Zufall und Notwendigkeit zu bauen. Das Bild eines menschlichen Gehirns, aufgenommen mit einem Kernspin-tomographen, oder anderen modernen Techniken der Hirnforschung, läßt nichts ahnen von dem Chaos unter der Schädeldecke. Der US-Hirnforscher Walter Freeman aus Berkeley-Kalifornien behauptet jedoch; es ist eben das Chaos, das unser Gehirn so lernfähig macht. Nervenzellen feuern „zufällig“, und im (EEG) dominiert das „Rauschen“. Diese „Störungen“ sollten sinnvoll sein, sollten gar die Arbeit des Gehirns überhaupt erst ermöglichen, behauptet weiter Freeman.

### **Ist also Chaos kreativ?**

Die Hirnrinde wird in dem Konzept nicht in Analogie zum programmierbaren digitalen Computer gesehen, sondern als sich selbst organisierendes „neuronales Netz“. Unser Leben wäre entsetzlich langweilig, wenn unser neuronales System wie ein Automat funktionierte. Es gäbe keine freie Assoziationen, keine kreativen Gedankensprünge und Ideen (Majewska, Majewski, 1996).

Neuronale Netze benötigen keine separaten Speicher. Sie sind sogar in der Lage, unvollständige Informationen zu ergänzen. Erinnerungen entstehen hier, indem eine Vielzahl von Neuronen durch gemeinsame Aktivitäten und eine „Selbstorganisation“ stärker miteinander verbunden werden. Das Lernen in einem neuronalen Netz entspricht der Festlegung von bevorzugten Straßen der Informationsbearbeitung. Die Informationen werden allerdings nacheinander und parallel verarbeitet. So entstehen im Netz Teilnetze, sogenannte Cell Assemblies. In der Cell Assembly, die sich etwa als Reaktion auf das Bild einer von den Augen aufgenommenen Landschaft gebildet hat, feuern alle zugehörigen Neuronen auch dann gemeinsam, wenn sie später nur von einem Teil der Landschaft erregt werden -so die Hypothese-. Doch immer mehr Experimente unterstützen die Vorstellung, dass das menschliche Gehirn sich tatsächlich durch gemeinsame Aktivität von Nervenzellen selber strukturiert. Unser Gehirn bleibt ein Leben lang „plastisch“. Dieser lebenslangen Fähigkeit zum Lernen und Umlernen liegt die Fähigkeit des Gehirns zugrunde, sich immer wieder neu zu organisieren und umzuorganisieren. Durch dauernden „Umbau“, durch immer wieder neue Veränderungen der Synapsen kann der Mensch sich besser und schneller veränderten Bedingungen anpassen. Vielleicht beruht die Fähigkeit,

nach Hirnverletzungen verlorengegangene oder gestörte Fertigkeiten wieder erlernen zu können, auf solchen dynamischen Mechanismen.

Überträgt man diese Erkenntnisse auf Wahrnehmungsstörungen, bekommt man für diese eine neue Definition. Die Wahrnehmungsstörung wäre eine „dynamische Systemstörung“, die ihren Ursprung in der gestörten Koordination und Kontrolle beim „Umbau“, bei neuer Organisation, Umstrukturierung und Umorganisation von Cell Assemblies hat, also eine Störung der konstruktiven Flexibilität, die die Balance zwischen Ordnung und Chaos des Organismus behindert. „Erstarrte Ordnung“ in Informationsverarbeitungsprozessen können als Folge Wahrnehmungsstörungen haben. Walter Freeman behauptet sogar, dass die neuronalen Netze im Gehirn ohne chaotische Nervenaktivität nichts Neues lernen können. Wenn die Forscher um Freeman Recht haben, dann wären wir ohne deterministisches Chaos im Hirn schwer lernbehindert. Chaos-Forschung könnte Einsichten in eine höhere, komplexe Ordnungsstufen unseres Organismus eröffnen, auf der dessen Teile auf noch unbekannte Art zusammenwirken.

Die Bedeutung für das Verständnis von Wahrnehmungsstörungen, deren Diagnostik, Therapie und Prognose ist wahrscheinlich viel umfassender, als wir derzeit annehmen. In diesem Verständnis sind soziale Systeme (auch Pädagogisch-Therapeutischesprozeß gehört dazu) als menschlich gesteuerte dynamische Systeme weitestgehend von Indeterminanzen bestimmt, sind also chaotische Systeme. Das deterministische Chaos entsteht aus festen Regeln aber erlaubt unvorhersehbare Reaktionen auf kleinste Störungen und macht damit Anpassungsprozesse möglich. Es gibt dem Organismus die Möglichkeit, den „Zufall“ zu kanalisieren, ihn gleichsam und kreativ zu nutzen um damit eine starre Ordnung zu vermeiden.

Unseren komplizierten Regulationssystemen etwa für Herzschlag, Atmung oder Blutdruck scheint vollendete Regelmäßigkeit eher zu schaden.

„Starre Ordnung“ im Stoffwechsel des menschlichen Körpers kann zur schmerzvollen Osteoporose, führen. Otto Rössler vom Institut für physikalische und theoretische Chemie an der Universität Tübingen maß in Abständen von weniger als einer Minute die Konzentration verschiedener Hormone im Blut. Er fand „schnelle“, unregelmäßige Schwingungen, die auf einen unabhängigen Mechanismus zurückgehen. Auch das Muskelzittern bei der Parkinsonschen Krankheit läßt sich möglicherweise auf eine „Resonanz-Katastrophe“ zurückführen und ebenso ein epileptischer Anfall. Wahrscheinlich ist die Ursache in beiden Fällen eine zu starke Koordination der Nervenzellen. Das EEG von Epileptikern während eines Anfalls deutet jedenfalls darauf hin. Das EEG weist dann gleichförmigere und periodischer verlaufende Kurven auf als bei Gesunden.

Ary Goldberger von Harvard Medical School analysierte den Herzschlag mit der Methode der Chaos-Theorie. Bei gesunden Menschen variierte die Schlagfrequenz zwar unvorhersehbar, aber nach den Regeln des „deterministischen Chaos“ – in den scheinbar zufälligen Schwankungen steckt das „Gesetz der Selbstähnlichkeit“. Ordnung ist hier eine Vorbotin des Todes: Acht Tage vor einem Stillstand schlagen Herzen regelmäßiger, um 13 Stunden vor dem Exitus ihren „chaotischen“ Rhythmus ganz aufzugeben. Das gestörte Miteinander von Chaos und Ordnung wird auch bei bestimmten Leukämieformen sichtbar. Der Spiegel der weißen Blutkörperchen schwankt nicht mehr wie bei gesunden Menschen- wie zufällig, sondern von Woche zu Woche zwischen zwei Extremwerten (Kerner, 1993, s. 139ff). Zweifellos ist der Mensch das „Paradebeispiel eines komplexen dynamischen Systems“ – so der amerikanische Publizist James Gleick.

## **Zusammenfassung**

Jedes Erlebnis setzt sich zusammen aus gleichzeitigen Aktivitäten an verschiedenen Stellen unseres Gehirns. Was uns jeweils bewußt wird, hängt von einer automatischen Vorbewertung ab, die bestimmt was für uns wichtig und von Interesse ist Die Hinwendung der Aufmerksamkeit auf für uns Wichtiges, kennzeichnet unser Erleben auf besondere Weise. Die Sinneswahrnehmung und die Verarbeitung dieser Informationen gilt als eines der kompliziertesten Systeme des Menschen. Es ist weiter noch rätselhaft, wie ein Erlebnis eine Wahrnehmung zustande kommen läßt, wie es sich aus Milliarden von Impulsen und Schaltungen zusammensetzt?

Aber durch zahlreiche Experimente wurde bestätigt, dass die Wahrnehmung durch den Mechanismus der Vervollständigung gekennzeichnet ist. Denn beim Sehen oder Hören werden dem Gehirn nie alle Informationen zugeleitet, die auf die Rezeptoren einströmen. Die Förderung der integrativen Prozesse auf der Hirnstammebene allein kann nicht zu einer solchen Verbesserung der Wahrnehmung führen, dass das Individuum das Maximum seiner potentiellen Möglichkeiten erreicht..

Die Förderung der Wahrnehmung erfolgt vielmehr durch die Verbesserung der Funktionsfähigkeit der Vervollständigungsmechanismen auf der Cortexebe-  
ne. Dies geschieht fast ausschließlich in problemlösenden und sozialen Situationen, wie es auch in der Psychomotorik der Fall ist.

Diese Fähigkeit des Gehirns sich aus unvollständigen Daten ein vollständiges Bild machen zu können, ist wahrscheinlich das Entscheidende für die

intakte Wahrnehmung. Also braucht der Mensch intakte Vervollständigungsmechanismen und eine intakte sensorische Integration, um die intakte Wahrnehmung zu entwickeln. In der Hirnforschung bahnte sich in den letzten Jahren eine Revolution an. Die Forscher schreiben der Dynamik der Vorgänge eine große Bedeutung zu. Und diese Fähigkeit, viele Informationen gleichzeitig zu berücksichtigen und gegeneinander auszubalancieren, scheint direkt in der Mikroanatomie des Gehirns abgebildet zu sein. Das menschliche Gehirn ist sehr wohl in der Lage, die Wahrnehmungen aus dem Kontext zu interpretieren. Die statischen Strukturen und deren neuronale Verbindungen nahmen an ihrer Bedeutung ab. Das Input-Output Prinzip hat für die Beschreibung von integrativen Prozessen nur noch eine Bedeutung als didaktisches Modell. Um sich weiter entwickeln zu können, muß das SI Konzept den kybernetischen Ansatz verlassen und den Kontakt zu bewegungstherapeutischen Methoden suchen, die ihre Behandlungsformen auf modernsten neurophysiologischen und pädagogischen Erkenntnissen aufbauen (Majewska, Majewski, 2008, s. 155).

Wie organisieren sich die Nervenzellen zu einem funktionsfähigen Gehirn? Was geschieht bei der Kommunikation der Nervenzellen? Wie vergleicht unser Gehirn die Flut der Eindrücke mit seiner Erfahrung, wie formt es seine Reaktionen und Aktionen? Wie denken wir?

Diese und viele anderen Fragen beschäftigen die Neurowissenschaftler. Mit jeder Antwort auf die Fragen kommen wir dem Verstehen von Vorgängen näher, die im menschlichen Gehirn stattfinden müssen, damit „Das Gehirn eine brauchbare Körperreaktion und ebenso sinnvolle Wahrnehmungen, Gefühlsreaktionen, und Gedanken erzeugen kann (...)]“ (Ayres, 1998, s. 47).

Der amerikanische Physiker Mitchell Feigenbaum und andere Naturwissenschaftler fanden heraus, dass der Weg vom Chaos zur Ordnung- und umgekehrt-offensichtlich bestimmten Gesetzmäßigkeiten folgt. Seit dem änderte sich auch die Nomenklatura in der Hirnforschung.

Die neuen Stichworte lauten „Selbstorganisation“, „Synaptogenese“ und „Epigenese“. Hinter den Begriffen verbergen sich Vorstellungen darüber, wie es unser Gehirn vollbringt, ein so buntes und dabei wirklichkeitsnahes Bild von der Welt zu gewinnen. Diese Begriffe machen deutlich, dass sich im menschlichen Gehirn mehr verbürgt als erschließt. Dr. Bernd-Olaf Küppers vom Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie in Göttingen, schrieb in bezug auf die Chaos-Theorie. „Schon der Flügelschlag eines Schmetterlings kann die Weichen zum Wirbelsturm stellen“. Das Ziel einer Therapie kann nicht in der Versorgung des ZNS mit einem geplanten und „kontrollierten“ sensorischen

Input durch das Hervorrufen einer verwandten, adaptiven Reaktion liegen, um die Organisation der Hirnmechanismen zu fördern.

Welche Auswirkung auf den Menschen, seine Psyche und Persönlichkeit kann ein Versuch haben „durch einen gezielten Input“ neuronale Strukturen zu „normalisieren“? Gibt es überhaupt einen „gezielten Input“? Läßt es sich tatsächlich explizit voraussagen welche Folgen die Input-Output Reaktion und die Integration der erzeugten Reaktion in das Langzeitgedächtnis hervorrufen?

Solchen Fragen muß sich jeder stellen, der in der Heilpädagogik mit Methoden arbeiten will, die zur Reorganisation im ZNS führen (Majewska, Majewski, 2012b, s. 127ff). Die Chaos-Forschung zeigt, welche unvorhersehbaren Effekte in Systemen mit Reafferenz- und dazu zählen alle Lebewesen- auftreten können. Schon die biochemische Reaktion etwa einer einzigen Nebennierenzelle ist ungeheuer vernetzt, die Zahl der möglichen Reafferenzen ist unüberschaubar groß. Die menschliche Wahrnehmung ist auch von emotionellen Zuständen und hormonellen Veränderungen im Organismus abhängig. Die können entscheidend unsere Wahrnehmung und die Integration von Sinneseindrücken beeinflussen. Auch zahlreiche psychogene Störungen oder hirnorganische exogene und endogene Störungen der Intelligenz, oder einige organische Psychosyndrome zeigen in ihrer Symptomatik Ähnlichkeiten mit der Symptomatik der gestörten sensorischen Integration. Aber primär sind das keine Wahrnehmungsstörungen und bedürfen oft einer anderen Behandlungsform. Sonst kommt es zu Fehldiagnosen und von da zu verminderten Erfolgen in der Therapie. Bei einem Verdacht auf Störung der Integrationsverarbeitungsprozesse wäre es falsch, nur ein Diagnoseverfahren anzuwenden, das zu deren Aufdeckung entwickelt wurde. Man muß in solchen Fällen eine fächerübergreifende Differentialdiagnostik betreiben.

Auch die Praxis liefert uns Beweise, dass der Mensch ein chaotisches, ein unberechenbares System ist. Immer wieder kommen Kinder zu uns, die von geschulten Therapeuten nach den Prinzipien der sensorischen Integration diagnostiziert und behandelt worden waren. Mit der Zeit entwickelten sie jedoch so starke Abwehrreaktionen, dass man die Therapie unterbrechen mußte. Diese Beobachtungen bestätigen, dass ein „gezielter und kontrollierter“ Input auch einen unerwarteten Output verursachen kann (Majewska, Majewski, 2008, s. 175).

Bei allen Autoren, die Entwicklungsförderung auf dem Weg der Bewegungsförderung anstreben, wird Wert auf Verflechtung von Bewegung und Gesamtentwicklung gelegt, und ein isoliertes Funktionstraining wird vermieden (M. Frostig, E. J. Kiphard).

Psychomotorik ist ein Förderkonzept zur Persönlichkeitsbildung durch motorische Lernprozesse (Kiphard, 1984, s. 73). Betont wird besonders die ganzheitliche Auffassung vom Menschen als enge Verbindung von Körper, Bewegung, Psyche und Umwelt. Dadurch wird die Psychomotorik (Motopädagogik) zu einem fächerübergreifenden Entwicklungskonzept. Hier besteht auch für die sensorische Integrationsbehandlung eine Chance sich weiter zu entwickeln. Das Konzept der sensorischer Integrationsbehandlung wird von vielen Wissenschaftlern ebenso wie die speziellen psychomotorischen Therapieverfahren als umschriebene bereichsspezifische Variante des allgemeinen Konzeptes der psychomotorischen Übungsbehandlung betrachtet (Majewska, Majewski, 2012b, Gröschke 1989, s. 189).

Die Psychomotorik bietet mit ihrem hervorragend ausgearbeiteten pädagogischen Mantel der sensorischen Integrationsbehandlung eine Hilfestellung (Majewska, Majewski, 2012, s. 140). Die SIB hat zwar ihren Ursprung in ergotherapeutischer Einzelbehandlung. Sie wird jedoch modifiziert und zusammen mit den heilpädagogischen Inhalten der Motologie den Anforderungen der modernen motopädagogischen Gruppentherapie angepaßt. Somit ist die SIB ein Bestandteil der modernen Psychomotorik (Motopädagogik) geworden. In einzelnen Fällen wird jedoch die SIB noch weiter von Ergotherapeuten oder Krankengymnasten als Einzelbehandlung durchgeführt. Abschließend möchte ich M. Frostig zitieren: „Lernen kann nur erfolgreich sein, wenn es mit Freude getan wird (...). Therapie muß von den Bedürfnissen, Interessen und Fähigkeiten des Kindes ausgehen. (...) Eine Theorie und ein Konzept kann nicht für alle Kinder gelten (...). Ziel ist es die spontane Kreativität, Originalität des kindlichen Bewegungsverhaltens zu erhalten oder zurück zu gewinnen (...). So wenig Einzeltherapie wie möglich, lernen an und mit einem oder mehreren Kindern (...)“. Nicht therapieren, sondern stützen, heißt das Rezept für eine Therapie mit ganzheitlicher Sichtweise, bei Wahrnehmungsstörungen. Denn ein guter Therapeut ist derjenige, der sich in einem heilpädagogischen Förderungsprozess allmählich überflüssig macht und den autodidaktischen Fähigkeiten der Kinder immer mehr Platz einräumen kann (Majewska, Majewski, 2008, s. 200).

Kinder dürfen nicht in Teilbereiche „zerlegt“ werden, um isoliert spezielle Funktionen und deren Kombinationen zu üben.

Vom Therapeuten oder Pädagogen fordert diese Vorgehensweise häufig ein Umdenken, denn eine übliche therapeutisch-pädagogische Planung mittels fest umschriebener Ziele mit erwartetem Verhalten der Kinder und vorgeschriebenem Materialeinsatz gibt es nicht mehr. Diese Freiheit ist dann auch kennzeichnend

für das soziale Klima in der Praxis. Voraussetzung für diese Wirkung ist jedoch, dass es dieses Denken nicht nur als professionelles therapeutisches Verhalten gibt, sondern, wenn die Situation im Sinne Rogers kongruent bleiben soll, einer verinnerlichten Haltung des Pädagogen entsprechen muß. (Pflüger, 1991, s. 191)

In Anlehnung an Otto Speck (1991, s. 23), wollen wir betonen, dass in einem konstruktiven Chaos auch ein schwaches Glied fühlt, dass es dazugehört, willkommen ist und zu seinem Recht kommen kann, auch wenn es mal „drunter und drüber geht“. Eine pädagogisch-therapeutische Ordnung ist allemal eine ungeordnete Ordnung. Diese Voraussetzungen für eine kindorientierte und auf den Bedürfnissen des Kindes aufbauende Bewegungstherapie, werden im Gegensatz zur klassischen sensorischen Integrationsbehandlung, von der modernen Psychomotorik erfüllt. Der motopädagogische Ansatz befreit die SI von ihrem durch die Kybernetik geprägten Menschenbild und öffnet für sie neue Perspektiven.

In diesem Zusammenhang ist dann auch den kritischen Anmerkungen von Speck (1991, s. 65) zuzustimmen, dass beispielsweise die Antwort auf die Frage, was für einen Menschen seine Behinderung oder Entwicklungsverzögerung bedeutet, nicht unmittelbar empirisch ermittelt werden kann, und vor allem das nicht, was für ihn pädagogisch-therapeutisch gesehen das Beste ist, also das, was werden soll, und wie dies erreicht werden soll.

## **Stellungnahme der Gesellschaft für Neuropädiatrie e.V. zur Theorie der Sensorischen Integration**

Die Theorie der Sensorischen Integrations-therapie ist nach den heutigen Erkenntnissen der Entwicklungsneurologie und -psychologie kritisch zu beurteilen. Stellungnahme der Gesellschaft für Neuropädiatrie e.V. (Karch, Groß-Selbeck, Pietz, Schlack, 2002).

### **Literaturverzeichnis**

Augustin A. (1986), *Sensorische Integration/sensorische Integrationsstörungen*, in: „Beschäftigungstherapie und Rehabilitation“, 25. Jg.

Ayres J. (1979), *Sensorische Integration und Lernschwierigkeiten*, Springer, Berlin–Heidelberg–New York.

Ayres J. (1989), *Bausteine der kindlichen Entwicklung*, Springer, Berlin–Heidelberg–New York.

- Gröschke D. (1989), *Praxiskonzepte der Heilpädagogik*, Reinhardt München Basel.
- Frostig M. (1992), *Bewegungserziehung. Neue Wege der Heilpädagogik*, Reinhardt, München–Basel.
- Karch D., Groß-Selbeck G., Pietz H.G., Schlack J. (2001), *Sensorische Integrationstherapie nach Jean Ayres. Stellungnahme der Gesellschaft für Neuropädiatrie e.V.*, in: Aksu F. (Hrsg.), *Neuropädiatrie*, Novartis Pharma Verlag, Basel s. 742–760.
- Kern Ch. (1993), *Hab Chaos im Herzen...*, „GEO-Wissen“, Nr. 11.
- Kiphard E. J. (1984), *Motopädagogik*, 2. Aufl., Verlag Modernes Lernen Dortmund.
- Maelicke A. (1990), *Vom Reiz der Sinne*, New York–Basel–Cambridge Verlag, Weinheim .
- Majewska J., Majewski A. (1996), *Sensorische Integration – Ein Konzept sucht neue Wege*, „Praxis der Psychomotorik“, Nr. 2.
- Majewska, J., Majewski A. (2008), *Fördern und Heilen durch Bewegung*, 2 Aufl., Lit Verlag, Münster.
- Majewska J., Majewski A. (2010), *Psychomotorische Abenteuerspiele*, 2 Aufl., Schultz-Kirchner Verlag, Idstein.
- Majewska J., Majewski A. (2012a), *Kinder stärken*, Hofmann Verlag, Schorndorf.
- Majewska J., Majewski A. (2012b), *Zarys psychomotoryki*, Harmonia, Gdańsk.
- Ostermann A. (2008), *Lernvoraussetzungen von Schulanfängern. Beobachtungsstationen zur Diagnose und Förderung*, 4. Auflage, Persen, Horneburg.
- Pflüger L. (1991), *Neurogene Entwicklungsstörungen*, Reinhardt, München – Basel.
- Press R. (1991), *Das Gehirn*, Time-Life Bücher, Amsterdam.
- Schmidt R. F. (1987), Integrative Leistungen des Zentralnervensystems, in: Schmidt R. F., Thews G. (Hrsg.): *Physiologie des Menschen*, 23. Aufl., Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York.
- Speck O. (1991), *Chaos und Autonomie in der Erziehung*, Reinhardt, München–Basel.
- Speck O. (1991), *System Heilpädagogik*, Reinhardt, München – Basel.