

Text: Reinhard Fischer in: Montessori - Zeitschrift für Montessori-Pädagogik, 1996, Heft 3/4, S. 104 ff.

FORSCHUNGSERGEBNISSE ZUM PHÄNOMEN DER SENSIBLEN PHASEN

Das Phänomen der sensiblen Phasen wird nicht nur innerhalb der Montessori Pädagogik diskutiert, sondern zunehmend auch in anderen Forschungsbereichen. Die Befunde stützen in einer überzeugenden Art und Weise Montessoris Beobachtungen, aber auch ihre Forderung, die Kinder in eben diesen Phasen - heute spricht man auch von recht engen "Zeitfenstern" - das für sie Wichtige tun zu lassen und ihre Befürchtung, dass viele Störungen, unter denen Jugendliche und Erwachsene leiden, auf das Nichtberücksichtigen der jeweiligen Sensibilitäten in den sensiblen Phasen zurückzuführen sind. Welche Ergebnisse liegen vor?

1. Beobachtungen aus der Kinderheilkunde

Theodor Hellbrügge, der einen Lehrstuhl für Kinderheilkunde an der Universität München innehatte, baute ein Zentrum auf, in dem behinderte und gesunde Kinder nach der Montessori-Methode gemeinsam unterrichtet werden können. Es handelt sich um die "Aktion Sonnenschein". Dieses Zentrum umfasst neben dem Kinderhaus und der Schule Einrichtungen zur speziellen Förderung behinderter Kinder. Im Rahmen seiner Forschungsarbeiten stieß er auf Phänomene, die Montessori-Pädagogen aufhorchen lassen.

"Montessori glaubte, sensitive Perioden in der menschlichen Entwicklung, z. B. in der Entwicklung der Sprache erkannt zu haben. Wir wissen heute", stellt Hellbrügge fest, "dass diese Beobachtung richtig war, denn das Beispiel des taubstummen Kindes, das früh behandelt, die Chance hat, normal sprechen zu lernen, dessen Taubstummheit praktisch aber endgültig fixiert ist, wenn diese frühe Sprachtherapie erst nach dem vierten Lebensjahr einsetzt, lehrt uns, dass die Sprachentwicklung ihre Prägung in den ersten drei Kinderjahren erfährt."

Hinsichtlich der motorischen Entwicklung scheinen ebenfalls vergleichbare Phänomene vorzuliegen: Das Beispiel des Kindes mit einer cerebralen Bewegungsstörung zeigt, so Hellbrügge, "dass die sensitive Phase der Motorik in den ersten acht Lebensmonaten liegen mit einer Präspastik oder Präathetose, die früh in die Behandlung kommen, haben die große Chance, normal sitzen, stehen, laufen, greifen zu lernen. Jenseits des achten Lebensmonats sind die einzigartigen Erfolge der Vojta-Therapie trotz intensiver Bemühungen wesentlich geringer."

Auch im sozialen Bereich scheinen sensible Phasen vorhanden zu sein. Im Tierreich wurden sie insbesondere durch die Verhaltensforschung bei der frühen Entwicklung von Verhaltensmustern erforscht. Hierbei spielt das Phänomen der Prägung, wie es erstmalig von Konrad Lorenz beschrieben wurde, eine große Rolle.

Hellbrügge hat mit seinem Team bezogen auf die Sozialentwicklung von Adoptivkindern in Längsschnittuntersuchungen gefunden, dass auch beim Menschen eine soziale Prägung stattfindet, die, bezogen auf seine Fragestellung, hauptsächlich in den ersten drei Lebensjahren liegen muss.

Gesunde Adoptiv-Kinder, die mit einem Deprivations-Syndrom, also einem schweren Rückstand ihrer Sprach- und Sozialentwicklung, nach dem ersten Lebensjahr adoptiert werden, benötigen nach seinen Beobachtungen über ein Jahr intensiver Sozialtherapie, bis sie in ihrer Sozialentwicklung normalisiert sind, während dies bei Adoptiv-Kindern, die erst nach dem zweiten Lebensjahr adoptiert werden, in der Regel zwei Jahre intensiver Sozialtherapie durch ihre Adoptiveltern bedarf. Kinder, "die aber erst nach dem dritten Lebensjahr adoptiert worden sind, sind zu einem hohen Prozentsatz trotz aller Bemühungen in ihrer Sozialentwicklung noch nach Jahren nicht normalisiert. "Wir kommen deshalb nicht umhin anzunehmen", so Hellbrügge, "dass bei diesen Kindern die sensitive Phase bereits verstrichen ist, in der sie die Chance gehabt hätten, tragende Bindungen einzugehen."

2. Ergebnisse der Hirnforschung

Erst seit wenigen Jahren untersuchen Neurobiologen, Biochemiker, Neuropsychologen und Psycholinguisten die "Plastizität" unseres Nervensystems und sind zu überraschenden Ergebnissen gelangt.

Die moderne Hirnforschung geht von der Grundannahme aus, dass alle uns bekannten Verhaltensleistungen, auch die geistigen

und seelischen Phänomene, auf Prozessen beruhen, die an das materielle Substrat des Gehirns gebunden sind. Eines der Forschungsprogramme moderner Gehirnforschung fragt, inwieweit höherentwickelte Gehirne während der Ausbildung ihrer kognitiven Funktionen nicht nur auf Wechselwirkungen mit der Umwelt angewiesen sind, sondern auch, inwieweit das Ergebnis dieser Wechselwirkungen eine irreversibel in sensiblen Entwicklungsperioden festgelegte Strukturordnung darstellt.

Anatomen und Physiologen haben erkannt, dass der Feinbau des Nervensystems nicht nur die strukturelle Voraussetzung für den lernenden Umgang mit der Welt darstellt, sondern dass das einzelne Hirnwesen im Laufe seiner Entwicklung in tätiger Auseinandersetzung mit der Umwelt funktionelle und strukturelle Anpassungen vollzieht. Diese Anpassungen optimieren die individuelle Fähigkeit, sich in der Welt zu bewähren. Sie müssen teilweise in einer zeitlich begrenzten Phase der Plastizität stattfinden. Diese Periode wird von den Anatomen und Physiologen auch die sensible oder kritische Phase genannt. Hier wird für einige Teilfunktionen Wesentliches gewonnen oder irreversibel verpasst. Später ist das Nervensystem für diese Teilfunktionen in der Sprache der Technik "fest verdrahtet". Wenn die Verschaltung der Nervenzellen zum richtigen Zeitpunkt erfolgt, lässt sich das nicht mehr nachholen, und die Chance ist gewonnen oder vertan.

In jeder dieser Entwicklungsphasen lernen Kinder bestimmte Fähigkeiten besonders schnell: Bewegungen, Sehen, Musik, Sprache und Emotionen. In diesen "Zeitfenstern" entstehen sozusagen die "Information Highways" zwischen verschiedenen Hirnarealen, mit denen wir später im Leben zurechtkommen müssen. Frühkindliche Erfahrungen strukturieren also das Gehirn und formen es möglicherweise wie "Plastilin". Die Qualität und Menge der Inputs, die es in sensiblen Phasen aufnimmt, entscheiden, wie dicht und damit leistungsfähig die neuronalen Strukturen geknüpft werden. Die Zeitfenster fallen zu, "eins nach dem anderen, mit jeder neuen Kerze, die auf der Geburtstagstorte brennt", warnte kürzlich das US-Magazin "Newsweek".

Wie lässt sich dieses Phänomen der sensiblen Phasen verstehen?

Neurowissenschaftler gehen von folgender These aus: Bei der Geburt liegt nur der Grundbauplan der neuronalen Vernetzung vor. Die Gene legen die Architektur unseres Gehirns fest. Eine Art Grundversorgung, um zu überleben: Herzschlag, die Atmung, die Körpertemperatur und einfache Bewegungsreflexe. Aber noch im Mutterleib und verstärkt nach der Geburt beginnt die Feinverschaltung. Diese "Inneneinrichtung" des Hirns ist von Umweltreizen und Erfahrungen abhängig. Neurone formieren sich erst durch den "sensorischen Input", also durch akustische, visuelle und taktile Reize. So gestalten sich die Verbindungen zwischen den Zellensembles.

Mit dieser zweigeteilten Entwicklung des Gehirns - genetisch festgelegt und abhängig von Umweltreizen - ist ein strenger Ausleseprozess verbunden.

Häufig durch Sinnesreize aktivierte Nervenzellen bilden immer mehr und stabilere Verknüpfungen. Die richtigen Sinneseindrücke vorausgesetzt, reift z. B. in der Sehinde die Mustererkennung. Oder: Durch die Feinabstimmung zwischen motorischen und sensorischen Zentren übt der Organismus Bewegungsprogramme." Die elektrische oder chemische Stimulation der Nervenzellen führt zur Produktion einer Vielzahl von Transmittersubstanzen. Gleichzeitig gibt die Erregung der Zelle das Signal zur Ausschüttung von Substanzen, die eine Neubildung von Schaltstellen nach sich zieht sowie bestehende festigt.

Dieser Lernprozess kann nur beginnen, wenn Sinnesreize das Hirn füttern. Lächelt eine Mutter ihr Baby an, festigen sich die Informationsbahnen von der Retina des Auges zum visuellen Cortex in der Hirnrinde. Singt ein Vater abends ein leises Schläfelein Prinzelein, schlaf ein ...', entstehen immer mehr Quervernetzungen vom Ohr zum Hörkortex im Schläfenlappen, und der nächtliche Frost in den wiegenden Armen der Eltern lässt die emotionalen Hirnareale des Sprösslings reifen.

In einer sensiblen Phase entstehen fast explosionsartig neue Verbindungen. Fortwährend perfektioniert sich die Kommunikation der Hirnzellen. Jede leitet dann Impulse zu rund 15.000 anderen, oft weit entfernt liegenden Neuronen. Es entsteht eines der komplexesten Netzwerke des Universums mit bis zu 100 Billionen Informations-schaltstellen, den Synapsen. Dabei ebnet zahlreiche

chemische Substanzen den Nervenfortsätzen ihren Weg durch den Wirrwarr der Neurone, die nur dann überleben, wenn sie die richtige Zielzelle erreicht haben. Werden die ursprünglich im Überschuss angelegten Verbindungen zwischen den Neuronen in einer festgelegten Zeitphase jedoch nicht benutzt, verkümmern sie. Erfahrungen während dieser sensiblen Phase prägen also die Entwicklung des Gehirns.

Die revolutionäre Erkenntnis, dass wir selbst das Sehen erst lernen müssen, erarbeiteten die Nobelpreisträger Torsten Wiesel und David Hubel in den 70er Jahren: Junge Katzen, denen ein Auge zeitweise abgedeckt wurde, blieben auch später auf diesem Prinzip gesunden - Auge blind. Visuelle Reize prägen die Sehrinde auf die Umwelt. lässt man Katzen in einer Umgebung aufwachsen, in der sie nur vertikale Schwarzweißstreifen sehen, erkennen sie später in einer normalen Umgebung nur vertikale Linien.

Auch beim Menschen sind diese Lernfenster im Sehsystem des Gehirns nachgewiesen. Die kritische Phase liegt zwischen dem vierten und achten Lebensmonat, wenn Babys ihre Umwelt erkennen lernen, wobei das Zeitfenster natürlich nicht ruckartig geschlossen wird. So bleiben Säuglinge und Kleinkinder, die in der Vergangenheit wegen einer Linsenrübung erst nach dem zweiten Lebensjahr operiert wurden, blind, auch wenn der optische Apparat des Auges nach dem Eingriff einwandfrei funktionierte - das Fenster für die neuronale Verkoppelung von Auge und Hirn war zu.

Der Mensch wird z. B. mit etwa 1 / 100 der Sehschärfe des Erwachsenen geboren. Er erreicht volle Sehschärfe erst im Alter von drei bis fünf Jahren. Wir wissen heute, dass die meisten Sehrinden-Neurone - das sind die Nervenzellen der auf das Sehen spezialisierten hinteren Hirnanteile ihre charakteristischen Eigenschaften erst nach der Geburt und nur unter dem Einfluss visueller Erfahrung entwickeln. Den meisten Neuronen fehlt die für 'ausgereifte' Zellen der Sehrinde so charakteristische Fähigkeit, bestimmte Orientierungen oder Bewegungsrichtungen von anderen zu unterscheiden, die Orientierungs- und Richtungsselektivität.

Nur etwa ein Siebtel der Hirnrinden-Neurone besitzt diese Eigenschaft von Anfang an.

Das bedeutet, frühkindliche Erfahrung stabilisiert und erhält nicht lediglich visuelle Funktionen, sondern bringt sie erst zur Ausreifung. Volle Funktionstüchtigkeit ist also nicht von vornherein gegeben und schläft durch Nichtgebrauch nicht etwa nur ab, sondern der Erfahrungszug in der kritischen Phase bringt den Entwicklungsprozess auf einer unreiferen Stufe irreversibel zum Stillstand.

Die Befunde, die Dichgans analysiert, zeigen, dass die kritische Phase des Menschen für die Ausbildung der Sehschärfe etwa bis zum Schulalter reicht. Schleistungen, die sich bis dahin nicht entwickelt haben oder nicht entwickeln konnten, können später nicht mehr erworben werden. Was sich im Erwachsenenalter wahrnehmen lässt, hängt also ganz entscheidend von der Art frühkindlicher Erfahrung ab.

Möglicherweise muss weiter differenziert werden: Ob überhaupt gesehen werden kann, hängt, wie oben dargestellt, von optischen Sinnesreizen innerhalb der ersten acht Monate ab. Für die Ausgestaltung der Sehfähigkeit z. B. für die optimale Ausbildung der Sehschärfe ist dann das Zeitfenster länger offen.

Spezifische Lernphasen, so vermuten die Neurowissenschaftler, existieren auch für viele andere Fähigkeiten.

Sprechen und Spracherwerb

Mütter und Väter verwenden überall auf der Erde die gleichen Sprechmelodien, um ihre Babys anzuregen, zu beruhigen oder zu belohnen. Wenn die Kinder hierauf antworten, beginnt ein subtiles Wechselspiel vorsprachlicher Kommunikation. Dabei scheinen die spontanen Äußerungen des Kindes Rohmaterial für die Eltern zu sein: Sie wiederholen, formen, verstärken oder dämpfen Laute.

Die Sprache haben wir uns also angeeignet, indem wir als Babys unserem eigenen Lallen zuhörten und den Antworten der Umgebung. Schon vor der Geburt lauschen Babys der Stimme ihrer Eltern, ahmen später die Laute nach und besitzen im Alter von fünf Jahren unbewusste grammatische Kenntnisse, die komplexer sind als jedes Lehrbuch sie ausweist - allerdings nur in der Sprache, mit der sie aufwachsen. Wenn Kinder brabbeln, testen sie also die Laute aller möglichen Sprachen, und durch den Gewöhnungspro-

zess festigt sich der Sprechapparat. Auf diese Weise vermögen Kinder im Prinzip jede der rund 6000 menschlichen Sprachen zu erwerben - Hauptsache, sie wird von ihren Betreuern gesprochen.

Unser Sprachzentrum passt sich schrittweise immer mehr dem angebotenen Reizmuster an. Etwa ab einem Jahr nimmt das Geplapper der Kinder die Lautart und den Rhythmus ihrer künftigen Muttersprache an und sie haben bereits die Fähigkeit verloren, Laute zu unterscheiden, die in ihrer Sprache keine Rolle spielen. Ihr Gehirn hat sich, gesteuert durch akustische Inputs, für eine Sprache entschieden. So liegen z. B. bei Japanern die Neurone, die durch die Silben "ra" und "la" aktiviert werden, sehr nahe beieinander. Da ihre Sprache kaum Unterschiede zwischen den beiden Silben macht, können sie auch später nur schlecht zwischen "ra" und "ja" unterscheiden, selbst wenn sie englisch sprechen.

Forscher erkennen hier zusehends eine universelle Strategie selektiver Stabilisierung, die bei der Hirnorganisation deutlich zu sehen ist: Unter dem Einfluss der Gene knüpfen die Nervenzellen im sich noch entwickelnden Gehirn zahllose synaptische Verbindungen, viel mehr als beim Erwachsenen. In dieser Fülle hinterlässt die jeweils existierende - in aller Regel auch sprachliche - Umwelt ihren Eindruck: Neuronen-Verbindungen, die etwa durch wiederkehrende Wahrnehmungen des Gehörs häufig aktiv sind, stabilisieren sich, während die nicht benutzten verkümmern.

Zweisprachig aufgewachsene Kinder sprechen beide Sprachen vermutlich deshalb akzentfrei, weil das neuronale Schaltmuster im Kopf nicht auf eine Erstsprache festgelegt ist. Doch das Fenster bleibt nicht lange offen. Wahrscheinlich werden die Grundlagen für die hochautomatisierten Prozesse der syntaktischen Strukturierung bis zum vierten Lebensjahr gelegt. Später können wir zwar noch eine Zweitsprache lernen, aber weit weniger effektiv. Die Chance, nach dem zehnten oder elften Lebensjahr eine Fremdsprache wie die Muttersprache zu beherrschen, ist gering.

Das Erproben von Spracheinheiten haben kanadische Wissenschaftler sogar bei zwei taub geborenen Babys beobachtet, deren Eltern selbst gehörlos waren und sich mit der American Sign Language, einer speziellen Zeichensprache, verständigten. Diese Kinder "brabbelten" mit ihren Händen und erzeugten dabei auch Gebärden, die in der Zeichensprache der Erwachsenen nicht enthalten sind. Aber auch hier gingen die "überzähligen" Phoneme nach einigen Monaten wieder verloren.

Ihre Entdeckung werten die Forscher als Beleg dafür, dass sich die natürliche Anlage zur Sprache eine Ausdrucksmöglichkeit sucht und dabei nicht unbedingt auf den Sprechapparat angewiesen ist.

Zusammengefasst: Die sensible Phase reicht nach den bisherigen Ergebnissen der Neurowissenschaftler von der Geburt bis zum Alter von etwa zehn Jahren. Die Schaltkreise in der Hörinde zur Analyse von Wörtern formen sich mit einem Jahr. Danach nimmt das Geplapper der Kinder Lautart und Rhythmus der Muttersprache an. Schon in diesem Alter können sich Kinder eine zweite Muttersprache perfekt aneignen! Ab dem zehnten Lebensjahr nimmt diese Fähigkeit ab. Die richtige Förderung wird darin gesehen, viel mit dem Kind zu reden, dabei jedoch die Kindersprache zu vermeiden und die treffenden Begriffe zu benutzen. Neurowissenschaftler empfehlen ferner, mit einer Fremdsprache schon vor dem zehnten Lebensjahr zu beginnen.

Bewegung und Motorik

Beispiele für die Plastizität bei der frühen Entwicklung des Organismus wurden u. a. auch im Bereich der Motorik untersucht. Im Verlauf der Embryogenese werden aufgrund des genetischen Programms wesentlich mehr motorische Nervenzellen gebildet als später genutzt werden. Und auch hier zeigt sich, dass die Neurone, die keine Verbindung zu einer Muskelzelle gefunden haben und keine Funktion aufnehmen konnten, zugrunde gehen.

Die "Verdrahtung" der motorischen Schaltkreise beginnt beim Menschen bereits in der siebten Schwangerschaftswoche. Doch erst am Ende des zweiten Lebensjahrs hat sich die neuronale Matrix im Austausch mit der Umwelt verfestigt: Das Gehirn kann jetzt schwierigere Bewegungsabläufe wie einen Purzelbaum auf der Wiese oder das Balancieren auf einer Mauer steuern. Zunächst lernt dabei das Kleinhirn die unwillkürlichen Bewegungen zu koordinieren. Für zielgerichtete Aktionen ist das motorische Rindenfeld zuständig, z. B. einen Löffel mit leckerem Brei zum Mund führen oder Bauklötze stapeln.

Wer den Schaltkreis, z. B. wegen einer Krankheit oder einer Behinderung, bis zum vierten Lebensjahr nicht verankert hat, kann das Versäumte kaum noch nachholen. Ein Kind wird dann nie mehr richtig lernen, sich elegant und sicher zu bewegen.

Zusammengefasst: Die sensible Phase für die Motorik reicht etwa von der siebten Schwangerschaftswoche bis etwa vier Jahre. Für zielgerichtete Aktionen ist die motorische Großhirnrinde zuständig. Erst am Ende des zweiten Lebensjahres haben sich die Bewegungsschaltkreise so weit verfestigt, dass Purzelbäume oder Balancieren möglich sind.

Als richtige Förderung wird dabei angesehen, den natürlichen Bewegungsdrang gesunder Kinder auszunutzen.

Emotionen und Stress

Wahrscheinlich bilden sich bereits im Mutterleib die Neuronenschaltkreise für unser Gefühlsleben aus. Die Hirnareale, die unsere Emotionen steuern, unterliegen genauso wie der Hörcortex, die Sehrinde, das motorische Rindenfeld oder das Gedächtnis einem erfahrungsabhängigen Reifungsprozeß. Mit jedem Schmusen und Trösten, aber auch durch Gefühlskälte und Ablehnung intensivieren sich die entsprechenden Verbindungen im limbischen System.

Dieser Teil des Gehirns, der aus vielen verschiedenen Strukturen besteht, ermöglicht uns Empfindungen wie Angst, Freude, Wut und Glück. Ein anderes Areal, der präfrontale Cortex hinter der Stirn, verbindet dagegen Emotionen mit vernünftigem Handeln. Es ist das Emotionsgedächtnis, mit dem wir Gefühle einordnen und steuern. Genau dieser Bereich ist zum Beispiel zwischen dem sechsten und 20. Lebensmonat besonders aktiv. Dies konnte der US-Kinderarzt Harry Chugani mit PET-Aufnahmen nachweisen. In dieser Entwicklungsphase bauen Babys eine starke emotionale Bindung zu ihrer Bezugsperson auf.

Im limbischen System entscheidet sich auch, ob wir in Stresssituationen gelassen, aggressiv oder verzweifelt reagieren. Traumatische Erfahrungen und emotionale Belastungen in der Kindheit hinterlassen dort eine Art biochemischer Narbe. Diese Kinder produzieren noch als Erwachsene bereits unter geringsten Belastungen zu viele Stresshormone. Geprägt wurde diese Fehlregulation in der sensiblen emotionalen Phase.

Das Lernfenster für Emotionen bleibt sehr lange offen, vermutlich bis zur Pubertät. Bis dahin lernen wir grundlegende soziale Verhaltensmuster. Allerdings sind beim emotionalen Lernen genetische Ausstattung und frühe Erfahrungen eng verzahnt. Charaktereigenschaften wie Temperament oder Jähzorn dürften zu einem guten Teil vererbt sein. So wird z. B. ein ängstliches Kind in der Regel trotz warmherzigster Ermutigung kein Draufgänger.

Zusammengefasst: Die sensible Phase dauert vom sechsten Monat vermutlich bis zur Pubertät. Der frontale Cortex (hinter der Stirn) ist im zweiten Lebensjahr besonders aktiv. Traumatische Erfahrungen während der Kindheit führen zu gestörter Stressverarbeitung.

Als richtige Förderung wird angesehen, Kinder auch bei Misserfolg zu unterstützen und auf diese Weise ein positives Selbstwertgefühl aufzubauen.

Musik und logisches Denken

Auch hier hat man erkannt, dass diejenigen, die früh mit einem Instrument beginnen, eine Leichtigkeit haben, die sie später nie wieder erreichen würden. Auch raten Musikpsychologen, das Notensystem zur Zeit der Einschulung lernen zu lassen, weil Kinder zu dieser Zeit noch spielerisch leicht mit Symbolen umgehen. In einer Untersuchung der Universität von Kalifornien in Irvine bestätigte sich zudem die "ausstrahlende Wirkung" der Musik: Dreijährige Vorschulkinder, die Klavierunterricht bekamen und jeden Tag im Chor sangen, konnten nach acht Monaten viel besser Puzzlespiele lösen als Untrainierte und lernten schneller, geometrische Figuren zu zeichnen und mathematische Aufgaben zu lösen. Töne, Harmonien und Gesang trainieren das Gehirn offenbar auch ganz generell, stärkt also die Verschaltungen, die wir beim logischen Denken benötigen.

Konstanzer Psychologen spürten zusammen mit Forschern der Uni Münster erstmals die sprichwörtliche musikalische Ader im Gehirn auf. Wer vor dem zwölften Lebensjahr Violine oder Gitarre spielte, bei dem ließen sich charakteristische Veränderungen in der Großhirnrinde nachweisen. In einem Hirngebiet, das Meldungen von den Muskeln, der Haut und den Gelenken bekommt, war-

en signifikant mehr Nervenzellen für die Finger der Greifhand zuständig als bei Spätstartern. Deshalb kann jeder, der als Kind die Saiten zupfte, selbst nach jahrelanger Abstinenz noch passabel spielen.

Zusammengefasst: Die sensible Phase wird von drei bis zehn Jahren dauernd angesehen. Musikalische Betätigung verbessert viele intellektuelle Fertigkeiten. Bleibende neurologische Veränderungen konnten bei Kindern, die Gitarre oder Violine spielten, nachgewiesen werden. Als richtige Förderung wird angesehen, viel mit dem Kind zu singen, ihm Melodien vorzuspielen und es mit einem Instrument vertraut zu machen, wenn es Interesse zeigt. Das Notensystem sollte zur Zeit der Einschulung erlernt werden, weil Kinder in diesem Alter spielerisch leicht mit Symbolen umgehen.

Angeborene Talente.

Kinder suchen sich neugierig genau die Reize, die in jeder Entwicklungsphase ihren Wissensdurst stillen. Hochbegabte Kinder nehmen in ihrer Not sogar Telefonbücher, um mit drei Jahren lesen zu lernen. Ein Turntalent wird ganz von allein seinem Spaß an akrobatischen Übungen frönen, auch wenn den Eltern angesichts des Wagemuts das Herz stehenzubleiben droht. Jahrhunderttalente wie Boris Becker oder Steffi Graf, die, kaum den Windeln entwachsen, auf dem Tennisplatz standen, trainierten ihre motorischen Künste genau zum richtigen Zeitpunkt. Kein Späterbener kann selbst mit größtem Fleiß diesen Vorsprung wettmachen.

Harry Chugani von der Wayne State University beobachtete, dass sich die meisten berühmten Komponisten bereits sehr früh intensiv mit Musik beschäftigten. "Genies", sagt er, hatten immer beides: Talent und eine optimale frühkindliche Förderung."

Und später?

Unser Gehirn bleibt bis ins hohe Alter plastisch und lernfähig, länger, als dies Forscher noch vor wenigen Jahren vermutet hatten. Die gleichen Signalmoleküle und Leitsubstanzen, die im Hirn eines Kindes aktiv sind, ermöglichen uns auch, geistig fit zu bleiben. Werden Nervenzellen zum Beispiel bei einem Schlaganfall zerstört, übernehmen benachbarte Zellen deren Aufgaben und organisieren sich neu. Aber Erwachsene lernen nicht mehr wie von selbst. Ist das sensible Fenster erst geschlossen, bedarf es einer gehörigen Portion Motivation und Anstrengung, um den Horizont zu erweitern.

3. Erklärungsmodelle

Die Frage ist, wie sich dieses Phänomen der sensiblen Phase erklären lässt. Dichgans weist auf folgende Erklärungsmodelle hin:

Die strukturelle Entwicklung des Nervensystems beim Menschen ist mit der Geburt keineswegs abgeschlossen. Sie setzt sich regional unterschiedlich noch über Monate bis Jahre fort. Dabei wird nicht nur aufgebaut, sondern auch geordnet und abgebaut. Zu dieser Ordnung gehört die Fixierung und Verstärkung funktionell wichtiger Verbindungen sowie der Abbau funktionell unwichtiger Elemente.

Eine interessante Hypothese von Changeux /Danchin hat große Beachtung gefunden. "Nach dieser ist das Genom, d. h. die Summe der genetischen Informationen zu klein, um sämtliche Synapsen endgültig zu spezifizieren. Die Erbsubstanz präformiert nur die generellen Verbindungen von interagierenden Systemen, überlässt deren optimale funktionale Spezifikation aber der art-spezifischen Auseinandersetzung mit der Umwelt ... Die Rolle epigenetischer Faktoren besteht also darin, aus dem genetisch vorgegebenen Repertoire adäquat aktivierte Verbindungen auszuwählen und zu festigen, andere aber abzukoppeln." Dies fördert das Einleben in einig Kultur und den Abbau von "Ballast", indem nicht gebrauchte Möglichkeiten, die evtl. in anderen Kulturen relevant sein könnten, wieder abgebaut werden.

Höher entwickelte Gehirne sind also während der Ausbildung ihrer kognitiven Funktionen auf Wechselwirkungen mit der Umwelt angewiesen, um funktionelle Kriterien für aktivitätsabhängige Selektionsprozesse zu gewinnen. "Dabei können nur spezifische, dem System adäquate Reize wirksam werden. Aufgrund der resultierenden Selektionsprozesse können Systemeigenschaften realisiert werden, die sich mit den "genetischen Anweisungen" allein nicht oder nur mit gewaltigem Aufwand verwirklichen lassen. Die Rolle der außergenetischen Faktoren ... beschränkt sich darauf, aus dem genetisch vorgegebenen Repertoire auszuwählen." Ein weiterer Vorteil eines biologischen Selektionsprozesses, der das

Überleben neuronaler Verbindungen von ihrer funktionellen Bestätigung abhängig macht, besteht darin, dass so "Irrtümer der Natur" durch falsches Auswachsen von Neuronen nachträglich unschädlich gemacht werden können.

Dichgans fasst seine Überlegungen zusammen:

"Das Gehirn muss zur Optimierung seines Repertoires außergenetische Informationen gewinnen. Damit muss die Umwelt, in die hinein es sich entwickelt, ausreichend differenziert sein. Die Interaktionsmöglichkeiten müssen den Bedürfnissen des jungen Gehirns in seinen jeweiligen Entwicklungsphasen entsprechen und in eventuellen kritischen Phasen uneingeschränkt und vorrangig zur Verfügung stehen. In diesem Zeitraum sollten die jeweils relevanten Umweltbedingungen hinreichend konstant bleiben, damit eindeutige Zuordnungen in Form synaptischer Verknüpfungen möglich werden. Bloße unablässige Anreicherung der Umwelt schafft noch keine optimalen Entwicklungsbedingungen. Übermäßige Vielfalt kann den genetisch vorgegebenen Erwartungen genauso wenig entsprechen wie eine zu wenig differenzierte Umwelt. Wenn wir allerdings wissen wollen, welche Umweltbedingungen für die Entwicklung des Menschen optimal sind, müssen wir erst einmal herausfinden, welches Verhältnis zwischen Vielfalt und Ordnung den verschiedenen Entwicklungsphasen jeweils am besten entspricht."

Diese Überlegungen verweisen auf Fragehorizonte, die Montessori bereits diskutiert hat, jetzt aber durch Ergebnisse der Kinderheilkunde und der Neurophysiologie experimentell bestätigt werden. Es wäre interessant, Montessoris Beobachtungen z. B. zum Spracherwerb (oder zu den anderen Bereichen) herauszuarbeiten und mit den Befunden der Neurowissenschaften in Beziehung zu setzen. Die Übereinstimmungen wären teilweise frappierend. Dies kann hier jedoch aus Zeit und Platzgründen nicht geleistet werden und sollte Thema eines anderen Beitrages sein.

Wichtig ist aber im Auge zu behalten, dass die Polarisation der Aufmerksamkeit durch die Arbeit mit einem Material zu den Zeiten erfolgt, in welchen bei dem betreffenden Kind die Entwicklungsvoraussetzungen gegeben sind. Wir können davon ausgehen, dass das Kind das Bedürfnis verspürt, partielle funktionelle Komplexe des neuronalen Netzwerkes zu erproben und in unterschiedlichen Varianten zu stabilisieren. Die unter großer Aufmerksamkeit häufig wiederholte gleiche Arbeit führt zu immer besseren Lösungen der selbstgestellten Aufgabe. In dem neuronalen Netzwerk, von dem aus das Programm der angestrebten Handlung gesteuert wird, wird ein immer exakterer, der Zielvorstellung besser entsprechender und das Kind stärker befriedigender Handlungsablauf erreicht, der später auf einem höheren Niveau durchaus wiederholt werden kann.

485

Worterklärungen:

- fixieren - festmachen, -legen
- cerebral - das Gehirn betreffend
- Präspastik - Zeit vor der Muskelverkrampfung
- 490 • Präathetose - Verkrampfung der Finger und Füße
- Deprivation - Mangel, Entzug (von Liebe und Zuwendung),
- Syndrom - Krankheitsbild
- Plastizität - Formbarkeit
- Substrat - Grundlage
- 495 • kognitiv - die Erkenntnis betreffend
- irreversibel - nicht umkehrbar
- Anatom - Wissenschaftler, der sich mit Form und Körperbau befasst
- Physiologe - Wissenschaftler, der sich mit den Grundlagen des allgemeinen Lebensgeschehens, bes. von den normalen Lebensvorgängen u. Funktionen des menschlichen Organismus befasst
- 500 • Hirnareal - Bereiche des Gehirns
- neuronal - die Nerven betreffend
- 505 • taktil - den Tastsinn betreffend
- Transmitter - Überträgerstoff
- Retina - Netzhaut des Auges
- Cortex - äußere (Hirn-)Schicht
- Synapse - Umschaltstelle zwischen Nervenfortsätzen
- 510 • subtil - feinfühlig
- komplex - vielschichtig
- selektiv - auswählend
- syntaktisch - den korrekten Satzbau betreffend
- Phonem - kleinste bedeutungsunterscheidende, aber nicht selbst bedeutungstragend sprachliche Einheit (z. B. b in Bein im Unterschied zu p in Pein)
- 515 • limbisches System - Randgebiet zwischen Großhirn u. Gehirnstamm, das die hormonale Steuerung u. das vegetative Nervensystem beeinflusst u. von dem gefühlsmäßige Reaktionen auf Umweltreize ausgehen
- 520 • präfrontal - vorderer Teil
- PET-Aufnahmen = Positronen Emissions-Tomographie - Methode zur Untersuchung von Hirnbereichen
- traumatisch - erschütternd, verletzend
- 525 • Abstinenz - Enthaltensamkeit
- spezifizieren - einzeln aufführen
- präformieren - im Keim vorbilden
- epigenetisch - später entstanden
- adäquat - angemessen
- 530 • frappierend - überraschend
- partiell - teilweise;