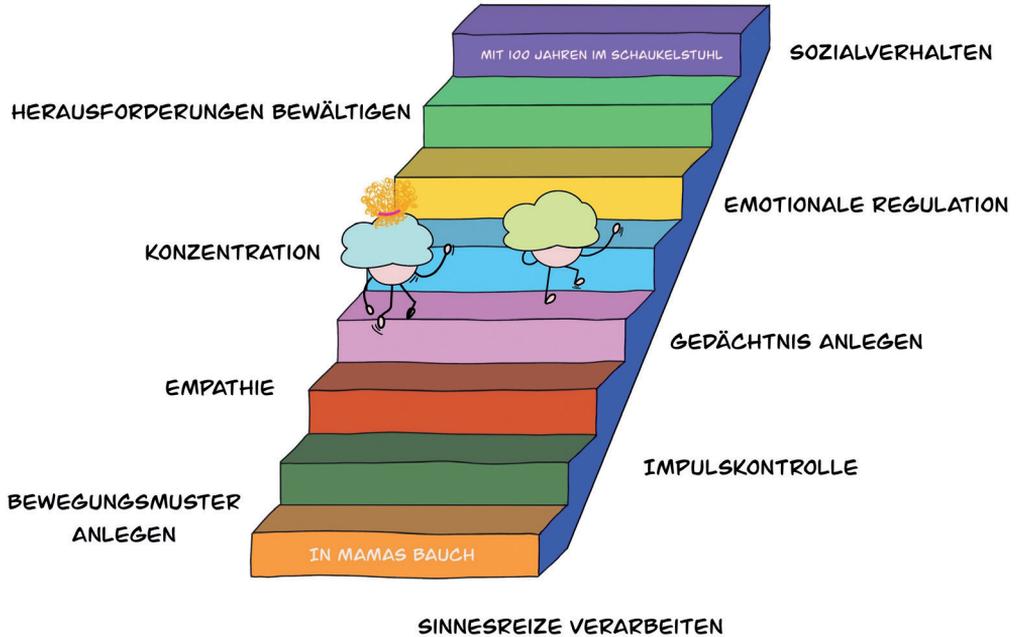


KAPITEL 4

Die Entwicklung des menschlichen Gehirns



Lange Zeit ging man in der Wissenschaft und Medizin davon aus, dass das Kind im Mutterleib noch nichts fühlen kann und Erfahrungen nicht abgespeichert werden. Daraus ergab sich die Überzeugung, dass diese Zeit wenig Auswirkungen auf die Entwicklung des Gehirns und die damit verbundene psychische Gesundheit des Kindes hat. In den vergangenen Jahrzehnten wurde diese Ansicht durch zahlreiche Forschungsergebnisse widerlegt, sodass sich auch der Blick auf die frühe Kindheit verändert hat. **Heute wissen wir, dass nicht nur für die physische (körperliche), sondern auch für die psychische (seelische) Stabilität und Leistungsfähigkeit die frühe Kindheit und auch die Zeit im Mutterleib von lebenslang prägender Bedeutung sind.**

In den ersten Lebensjahren bauen Kinder grundlegende Fähigkeiten durch neuronale Verschaltungen in ihrem Gehirn auf. Dadurch werden sie zunehmend in die Lage versetzt, sich von der Unterstützung durch ihre Bezugspersonen abzulösen. Die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen gehen heute sogar so weit, von sensiblen Phasen und Zeitfenstern zu sprechen, die der Mensch für den Aufbau von Fähigkeiten nutzen muss (vgl. Kapitel 1). In der Pubertät findet ein großes Umbauprojekt im Gehirn statt, bei dem viel Energie und Gestaltungswille freigesetzt werden. Auch diese Zeit braucht besondere Formen der Unterstützung durch soziale Gemeinschaften. Die Frage, wie unser Gehirn altert und wie wir den Abbau von Fähigkeiten verhindern können, beschäftigt insbesondere

die Gesellschaften, die einen hohen Anteil an älteren Menschen haben und sich über ein gutes Gesundheitssystem eine lange Lebenszeit ermöglichen. Wollen wir Menschen egal welchen Alters darin unterstützen, die beeindruckende Leistungsfähigkeit des Gehirns aufzubauen und zu nutzen, müssen wir wissen, wie sich das Gehirn entwickelt. Insbesondere in pädagogischen Prozessen mit Kindern ist es notwendig, einschätzen zu können, welcher Teil des Gehirns wann ausgereift und arbeitsfähig ist, um angemessene Erwartungen an das Kind zu stellen.

Die Entwicklung des Gehirns bis zur Geburt

Etwa drei Wochen nach der Befruchtung der Eizelle durch die Samenzelle entwickeln sich die ersten Anlagen des Zentralnervensystems. Bereits in der fünften Schwangerschaftswoche sind erste neuronale Strukturen des Hirnstamms, des Zwischenhirns und des Großhirns aufgebaut. In diesen ersten Wochen der Gehirnentwicklung teilen sich Nervenvorläuferzellen in einer beachtlichen Geschwindigkeit.

„Bereits vor zwei Wochen, ich war damals gerade drei Wochen alt, fingen diese Zellen an, sich wie wild zu teilen. Inzwischen bringe ich es auf durchschnittlich satte 500.000 (eine halbe Million) neue Nervenzellen pro Minute (!!!). Das bedeutet rund 720 Millionen neue Nervenzellen am Tag.“ (Moll et al 2006, S. 18)

Am Ende des fünften Schwangerschaftsmonats besitzt das Gehirn ca. einhundert Milliarden Nervenzellen (Neuronen). Der Prozess der Bildung von Nervenzellen, der auch als Neurogenese bezeichnet wird, ist damit weitgehend abgeschlossen. Viele Zellarten im Körper teilen sich ein Leben lang und reparieren so Schäden, wie beispielsweise bei der Verletzung der Haut. Neuronen bilden sich im weiteren Verlauf der Entwicklung des Menschen nur noch sehr begrenzt und nur in wenigen Arealen des Gehirns (Hippocampus und Riechhirn) neu. Durch das Prinzip „Use it or lose it“ und den Prozess der Apoptose, die wir uns in Kapitel 1 angesehen haben, bauen sich im Gehirn in der weiteren Entwicklung Neuronen ab, so dass das ausgereifte Gehirn von erwachsenen Menschen nur noch ungefähr die Hälfte, also ca. fünfzig Milliarden Neuronen besitzt.

Sobald sich eine Nervenvorläuferzelle nicht mehr teilt, wandert sie an ihren endgültigen Bestimmungsort. Gesteuert wird dieser Wanderungsprozess durch genetisch verankerte Informationen, die in Form chemischer Signale umgesetzt werden. „Sich entwickelnde Nervenzellen tasten sich mit Wachstumskegeln voran (...) Diese Wachstumskegel reagieren empfindlich auf Signalstoffe, die Nervenzellen anlocken oder abstoßen können“ (Beck et al, 2018, S. 27).

Ist eine Nervenvorläuferzelle an ihrem Bestimmungsort angekommen, reift sie zu einem Neuron aus. Jedes Neuron bildet eine Vielzahl an Dendriten und jeweils ein Axon aus²². Das Axon sucht, geleitet durch chemische Signalstoffe, seinen Weg in die Regionen, mit denen es sich später vernetzen wird. Axone können kurz sein, wenn sie die Verbindungen

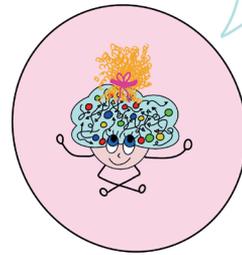
²² Dendriten und das Axon bilden die Synapsen aus. Wie die Kommunikation zwischen den Neuronen über die Synapsen verläuft, schauen wir uns in Kapitel 5 genauer an.

zu benachbarten Regionen aufbauen. Andere Axone sind bis zu einem Meter lang und reichen von den motorischen Regionen bis in das Rückenmark (vgl. Beck et al 2018, S. 95).

Sobald ein Neuron ausgereift ist und das Axon an seinem Ende Verästelungen aufgebaut hat, beginnt die Synaptogenese: Die Neuronen beginnen damit, sich zu vernetzen und neuronale Muster aufzubauen. Die Synaptogenese kann auch als ein groß angelegtes Kommunikationsprojekt beschrieben werden. Die Verbindungen zwischen den Neuronen, die Synapsen, dienen ausschließlich dazu, Informationen zu empfangen, zu integrieren, zu modifizieren und weiterzuleiten. **Anders als bei der Neurogenese können sich Synapsen zwischen den Neuronen lebenslang neu bilden.**

Jedes Neuron enthält seinen eigenen genetischen und epigenetischen Bauplan, um seine Strukturen aufzubauen und zu „wissen“, welche Aufgabe es an welchem Ort zu erfüllen hat. Durch Mutationen im Genom oder eine fehlerhafte Verteilung der Chromosomen während der Reifeteilung (Meiose) können sich jedoch Abweichungen einstellen, die zu einer veränderten Ausreifung des Gehirns oder des Körpers führen. Diese Mutationen können dazu führen, dass Menschen bestimmte Fähigkeiten nur eingeschränkt entwickeln können, wie beispielsweise bei der Trisomie 21. Auch herausragende Leistungen von Menschen werden unter anderem auf Abweichungen im Aufbau des Gehirns zurückgeführt: „Das Gehirn des Physikers Albert Einstein (1879–1955) besaß eine andersartige Struktur. Vielleicht sah er deshalb seine mathematischen Theorien eher als Ganzes, statt sie Stück für Stück zu erarbeiten“ (Carter 2019, S. 205). Wird der Entwicklungsprozess durch Mutationen im Genom erheblich gestört, kommt es nicht selten zu einer vorzeitigen Beendigung der Schwangerschaft.

HIER IN DER FRUCHTBLASE IN MAMAS BAUCH KANN MEIN GEHIRN GANZ IN RUHE NERVENZELLEN PRODUZIEREN. DIE SUCHEN JETZT ALLE IHREN RICHTIGEN PLATZ UND FANGEN DANN AN, SICH ZU VERBINDEN.



Einige Bereiche im Gehirn bilden schon vor der Geburt fest miteinander verbundene neuronale Muster aus. Andere Gehirnbereiche weisen zwar eine hohe neuronale Dichte, jedoch noch wenig synaptische Verknüpfungen auf, sodass sie noch nicht oder nur eingeschränkt funktionsfähig sind, wenn das Kind auf die Welt kommt. Nervenfasern im Hirnstamm und im Hypothalamus (Übersetzer), die für die Organisation der Reflexe, der Körperfunktionen und der Übersetzung der Gehirntätigkeit in Körperprozesse zuständig sind, beginnen bereits in der siebten Schwangerschaftswoche mit der Ausbildung von Synapsen. Bei der Geburt des Kindes haben diese Bereiche, die für unser Überleben unerlässlich sind, bereits feste neuronale Muster aufgebaut. Sie zeigen im späteren Verlauf des Lebens die geringste neuronale Plastizität. Der Begriff der Plastizität beschreibt die Fähigkeit des Gehirns, sich durch den Umbau der Synapsen zwischen den Neuronen an Umweltbedingungen anzupassen. Die unteren Bereiche des Gehirns zeigen hier den geringsten Spielraum für Anpassungsprozesse.

Einfluss von Alkohol, Nikotin, Medikamenten und illegalen Drogen

Werdende Eltern können keinen Einfluss auf ihr Genom und Epigenom nehmen. Wohl aber können sie Umwelteinflüsse, die sich ebenfalls gravierend auf die Entwicklung des Gehirns im Mutterleib auswirken, beeinflussen. Braus (2014, S. 25) weist darauf hin, dass frühkindliche Erfahrungen während der Schwangerschaft eine große Bedeutung für die Entstehung psychischer Erkrankungen haben. **Chemische Stoffe in der Nahrung, Medikamente oder legale und illegale Drogen, die die Mutter zu sich nimmt, aber auch physischer oder psychischer Stress können sich negativ auf den Entwicklungsprozess des Gehirns auswirken.**

Braus weist auf Studien hin, die nahelegen, dass insbesondere durch den Konsum von Nikotin, Alkohol und Cannabis der Mutter während der Schwangerschaft die Anfälligkeit (Vulnerabilität) des Kindes für Impulskontrollstörungen, Psychosen und Suchterkrankungen steigt. Die mütterliche Plazenta filtert viele Schadstoffe heraus, sodass sie nicht in den Blutkreislauf des Kindes übergehen. Bei Stoffen wie Alkohol, Medikamenten, Nikotin oder Drogen gelingt dies jedoch nicht vollständig, sodass einige Bestandteile in das Blut des ungeborenen Kindes gelangen. Hinzu kommt, dass die Blut-Hirn-Schranke²³ zu diesem frühen Zeitpunkt noch nicht voll ausgebildet ist, sodass sich das sich entwickelnde Gehirn vor schädigenden Einflüssen nicht ausreichend schützen kann.

Eine der häufigsten Ursachen für eine Minderentwicklung des kindlichen Gehirns ist der Alkoholkonsum von Müttern während der ersten drei Schwangerschaftsmonate. Für die Ausbildung eines fetalen Alkoholsyndroms (FASD)²⁴ beim Kind reichen bereits geringe Mengen Alkohol aus, wenn der Alkoholkonsum in eine sensible Phase der Gehirnentwicklung fällt. Im Gehirn werden weniger Neuronen gebildet und bereits gebildete Nervenzellen werden mit einer höheren Wahrscheinlichkeit absterben. Dadurch erleidet das Gehirn eine frühe Beeinträchtigung, die sich lebenslang auswirkt.

„Denken ist für FASD betroffene Kinder damit deutlich anstrengender als für gesunde Kinder. Dies bleibt auch später im Beruf so. Ein Acht-Stunden-Arbeitstag ist für viele FASD-Betroffene zu lang, selbst dann, wenn es sich um Routinearbeiten handelt, da FASD-Betroffene auch über diese immer wieder neu nachdenken, diese immer wieder neu verarbeiten müssen.“ (Feldmann et al 2020, S. 16)

Einschränkungen in der emotionalen Regulation begleiten die Schwierigkeiten im Bereich des Denkens. Häufig kann man bei Kindern, die unter einem fetalen Alkoholsyndrom leiden, beobachten, dass sie versuchen, sich über stereotypische Bewegungsmuster zu beruhigen. Durch die schwankenden Gefühlzustände, die motorische Unruhe, die leichte Ablenkbarkeit und das langsame Denken, erleben diese Kinder häufig auch, dass sie mit ihrem wenig entwickelten Sozialverhalten ständig in schwierige Situationen geraten.

²³ Die Blut-Hirn-Schranke, die dafür sorgt, dass Bakterien und Giftstoffe nicht über die Blutbahn in das Gehirn eintreten können, schauen wir uns in Kapitel 12 genauer an.

²⁴ Unter dem fetalen Alkoholsyndrom (FASD) werden alle Schädigungen zusammengefasst, die auftreten können, wenn Alkohol die normale Entwicklung des Kindes während der Zeit im Mutterleib beeinträchtigt hat. Ausführlich nachzulesen bei Feldmann; Kampe; Graf (2020).

Der Konsum von illegalen Drogen kann nicht nur die Ausreifung des Gehirns negativ beeinflussen, sondern auch dazu führen, dass Säuglinge nach der Geburt Entzugssymptome entwickeln. Berghaus führt dazu aus:

„Je nach Art und Anzahl der konsumierten Substanzen (illegale Opioide: Heroin, Substitutionsmedikamente: Methadon) in der Schwangerschaft entwickelt sich postnatal zwischen 50 – 95% ein neonatales Drogenentzugssyndrom. Das Kind schreit schrill, zeigt extreme Unruhe, schwitzt vermehrt, ist schlaflos, trinkschwach und kann Krampfanfälle entwickeln.“ (Berghaus 2019, S. 11)

Viele der Kinder belastet dieser Start lebenslang. Berghaus geht davon aus, dass langfristig ungefähr 80% der Kinder Entwicklungsrückstände und ungefähr 40% der Kinder schwere Verhaltensauffälligkeiten zeigen. Hinzu kommt, dass durch die frühkindliche Prägung des Belohnungssystems auf das Konsummittel eine erhöhte Wahrscheinlichkeit gegeben ist, selbst eine Suchterkrankung zu entwickeln.

Die Freigabe von Medikamenten umfasst auch die Prüfung, wie sich die Einnahme des Medikaments während der Schwangerschaft auf das ungeborene Kind auswirkt²⁵. Es ist davon auszugehen, dass in der Zukunft auch die Frage, welchen Einfluss Rückstände von Chemikalien (z.B. Mikroplastik) in der Nahrung auf die Entwicklung des Gehirns von Kindern haben können, vermehrt in den Fokus rückt.

Einfluss von Übergewicht, Überernährung und hohe Blutzuckerwerten der Mutter

Forschungsprojekte befassen sich zunehmend mit Fragen der perinatalen (vorgeburtlichen) Prägung des kindlichen Gehirns. An der Charité in Berlin beschäftigt sich ein Wissenschaftsteam mit der Frage, ob Übergewicht, Überernährung und hohe Blutzuckerwerte der Mutter zu einer perinatal erworbenen Fehlregulation im Bereich des Hypothalamus des Kindes führen können. Daran schließt die Frage an, ob sich dadurch eine lebenslange Erhöhung des Risikos ergibt, Übergewicht zu entwickeln oder an Diabetes zu erkranken (vgl. Plagemann 2012).

Das Kind im Mutterleib wird über den Blutkreislauf der Mutter ernährt und mit Sauerstoff versorgt. Ist der Blutzuckerspiegel der Mutter während der Schwangerschaft ständig erhöht, gelangen diese „Werte“ auch in den Kreislauf des Kindes. **Das sich entwickelnde Gehirn speichert diese Werte als Orientierungspunkte ab. Das heißt, die neuronalen Verknüpfungen basieren nicht auf genetischen Vorgaben, sondern entstehen durch Erfahrungslernen.** Auf der Grundlage dieses gespeicherten Wertes reguliert das Kind nach der Geburt sein Hungergefühl und die Aktivitäten der Verdauungsorgane. Sinkt der Blutzuckerwert unter den gespeicherten Wert ab, verlangt das Kind nach Nahrung, auch wenn aus medizinischer Sicht der Blutzuckerwert im Normalbereich liegt. Spork (2017, S. 209) führt dazu aus:

²⁵ Der Contergan Skandal in den frühen siebziger Jahren hat diese Notwendigkeit deutlich vor Augen geführt. Contergan war ein Beruhigungsmedikament, das bei der Einnahme während der Schwangerschaft zu erheblichen Fehlbildungen des Kindes, insbesondere im Bereich der Arme und Beine führen konnte.

„Lernt dieses System schon im Fötus, dass es permanent mit einem Nahrungsüberangebot zu rechnen hat – etwa, weil zu viel Nahrung vorhanden ist oder weil die Mutter sich kaum bewegt –, dann verändert sich das System molekularbiologisch. Im Zuge seiner biologischen Entwicklung lernt es, auch in Zukunft mit einem Nahrungsüberangebot zu rechnen – und es fatalerweise sogar einzufordern. Deshalb bilden sich die beteiligten Organe anders aus als unter Normalbedingungen.“

Das Kind wird mehr essen als ihm guttut, weil sich sein Gehirn an einem erlernten, aber nicht angemessenen Wert orientiert. Vereinfacht gesagt: „Wenn Mama diese Blutwerte hat und sie mir weitergibt, müssen sie richtig sein, dann übernehme ich sie als Orientierungspunkt für die Gestaltung meines Essverhaltens.“ Damit steigt die Wahrscheinlichkeit, dass das Kind übergewichtig wird und Stoffwechselerkrankungen wie beispielsweise einen Diabetes ausbildet. Die Kontrolle des Blutzuckerwertes während der Schwangerschaft muss nicht nur zum Schutz der Mutter erfolgen. Auch hinsichtlich eines präventiven Gesundheitsschutzes für das Kind sind diese Kontrollen unerlässlich.

Vorgeburtliche Erfahrungen und Stress

Schauen wir uns eine weitere Region im Gehirn an, die schon vorgeburtlich weit ausgereift ist und lebenslang eine entscheidende Rolle für die psychische Gesundheit spielt. Im limbischen System organisiert die Amygdala (Rumpelstilzchen) die Modulierung von Emotionen. Schon im achten Schwangerschaftsmonat hat sie auf der Grundlage von Erfahrungen neuronale Muster aufgebaut, die es ihr erlauben, Angst- und Stressreaktionen auszulösen. Bereits zu diesem frühen Zeitpunkt im Leben eines Menschen speichert die Amygdala Erfahrungen ab, die eine emotionale Qualität besitzen. Dazu gehören insbesondere Reize, die auf eine Gefahrensituation hinweisen. Die Aktivitäten der Amygdala übersetzt der Hypothalamus in Körperreaktionen. Da der Hypothalamus ebenfalls schon weit ausgereift ist, kann schon der Embryo im Mutterleib Stressreaktionen so abrufen, dass körperliche Symptome wie zum Beispiel ein erhöhter Herzschlag oder Muskeltonus entstehen.

Neben dem Abrufen der eigenen Stressreaktion wird das sich entwickelnde Gehirn auch von hohen Cortisolwerten im Blut der Mutter erheblich beeinflusst. „Bereits während der Schwangerschaft kann das Cortisolsystem des Fötus geschädigt werden, und dies kann wiederum zu lebenslangen Veränderungen im Cortisolsystem und einem veränderten Verhalten führen“ (Roth und Strüber 2015, S. 138). Die Plazentaschranke fängt normale und geringfügig erhöhte Cortisolwerte ab, sodass sie nicht in den Blutkreislauf des Kindes gelangen. Erhöhen sich die Cortisolwerte erheblich, kann die Plazentaschranke diese Aufgabe nicht mehr vollständig erfüllen und das Cortisol gelangt in den Blutkreislauf des Kindes.

Hohe Cortisolwerte entstehen im mütterlichen Blutkreislauf dann, wenn die Mutter permanent unter Stress steht oder wenn ein einmaliger extremer Stress einwirkt. Erlebt die Mutter während der Schwangerschaft lebensbedrohliche Situationen wie Krieg, Flucht, Gewalt, Erniedrigung, Vergewaltigung oder Umweltkatastrophen, ist nicht nur sie dem Risiko der Entwicklung einer posttraumatischen Belastungsstörung ausgesetzt.

Kinder können bereits im Mutterleib Symptome einer posttraumatischen Belastungsstörung entwickeln. Strüber fasst die Studienlage hinsichtlich der Folgen einer Überflutung des Embryos mit hohen Cortisolspiegeln zusammen:

*„Vorgeburtlicher Stress wurde mit einer erhöhten Stressempfindlichkeit, mit verminderten Lernleistungen, einer reduzierten Aufmerksamkeit, Aggressivität, antisozialem Verhalten, einer erhöhten Ängstlichkeit, depressiven Symptomen und weiteren Merkmalen im späteren Leben in Zusammenhang gebracht.“
(Strüber 2016, S. 72)*

Im zweiten Drittel der Schwangerschaft beginnt das Sinnessystem des Kindes mit dem Training. Das heißt, dass sich Nervenbahnen aufbauen, die die eingehende Information von den Sinnesorganen in das Gehirn weiterleiten. Außerdem beginnt der kleine Körper damit, sich zu bewegen. Akustische Reize kann das Kind schon kurz nach der Geburt recht gut verarbeiten. Bis dies auch mit den visuellen Reizen gut funktioniert, vergehen nach der Geburt einige Wochen. Das Kleinhirn, das für die Entwicklung von Bewegungen (Motorik) von besonderer Bedeutung ist, reift im letzten Schwangerschaftsdrittel heran. Das Gehirn des Kindes nutzt das letzte Drittel der Schwangerschaft für das Training wichtiger Basisfunktionen. Bei der Geburt zum errechneten Geburtstermin ist das kindliche Gehirn so weit ausgereift, dass alle Funktionen zur Aufrechterhaltung des Lebens organisiert werden. Nach der Geburt des Kindes tritt das Gehirn in eine weitere wichtige, lebenslang prägende Entwicklungsphase ein.

*„Die Geburt geht für das Kind mit einer Reihe ungewöhnlich starker hormoneller Veränderungen einher. Natürlich ist das Bindungshormon Oxytocin im Spiel. Aber auch viele weitere Botenstoffe. All diese Signale dringen vielerorts als Botschaften bis tief in die Zellen vor, schicken Transkriptionsfaktoren auf den Weg, verstellen epigenetische Strukturen. Das verändert schließlich die Genaktivitätsprofile in den Zellen und macht einige Gewebe fast schlagartig empfänglich für prägende Einflüsse. Nicht umsonst beginnen gerade jetzt eine Menge wichtiger sensibler Phasen.“
(Spork 2017, S. 220)*

Die Entwicklung des Gehirns in der Kindheit

In der vorgeburtlichen Hochphase der Neurogenese wurde eine große Anzahl an Neuronen im Gehirn aufgebaut. Die zweite Phase ist geprägt durch die Synaptogenese, dem Aufbau der Verbindungen zwischen den Neuronen. Die Synaptogenese erreicht am Ende des zweiten Lebensjahrs ihren Höhepunkt.

„Ein bestimmtes Neuron im Gehirn kann mehrere tausend synaptische Kontakte mit anderen Nervenzellen aufweisen. Wenn also das menschliche Gehirn 10^{12} Neuronen enthält, so besitzt es mindestens 10^{15} (eine Billion) Synapsen. Die Anzahl der möglichen Kombinationen von synaptischen Verbindungen zwischen den Neuronen in einem einzelnen menschlichen Gehirn ist größer als die Gesamtzahl der Atome im ganzen bekannten Universum. Die Vielfalt der Verknüpfungen im menschlichen Gehirn erscheint daher fast unbegrenzt.“ (Thompson 2016, S. 3)

Diese hohe Anzahl an synaptischen Verbindungen bedeutet noch nicht, dass alle diese Verbindungen stabil sind, ein Leben lang erhalten bleiben und sich nicht mehr verändern. Wie in Kapitel 1 dargestellt, gehen schon in den ersten Lebensjahren viele Nervenzellen und synaptische Verbindungen auf der Grundlage des Prinzips „use it or lose it“ wieder verloren. **Dieser Prozess ist wichtig, damit das Gehirn sich von der Quantität zur Qualität entwickelt.**

„Ich konnte gerade mal laufen, da begann die Verknüpfungsdichte dort schon wieder rasant abzunehmen. Jeden Tag verliere ich hier jetzt etwa 20 Milliarden Synapsen und ein Ende ist nicht in Sicht. Gerüchten zufolge wird dieser Verlust bis in meine Jugendzeit anhalten. Als Erwachsener werde ich dann gerade noch etwas mehr als die Hälfte der synaptischen Verknüpfungen besitzen, die mir im zarten Alter von einem Jahr gehörten.“ (Moll et al 2006, S. 114)

Warum aber bauen sich erst so viele Synapsen auf, die kurze Zeit später schon wieder verloren gehen? Der Rückbau der Synapsen wird als Pruning bezeichnet und hat neben der Anpassung an die individuellen Lebensbedingungen noch eine weitere Funktion. Das Gehirn braucht für die Verarbeitung, Speicherung und Beantwortung von Umwelterfahrungen sehr viel Energie und auch eine schnelle „Rechenleistung“, um zeitnah auf Reize, insbesondere in Gefahrensituationen, antworten zu können. „Das Gehirn des Neugeborenen umfasst ca. 12% des Körpergewichts, ist aber für ca. 60% des gesamten Energieverbrauchs verantwortlich“ (Braus 2014, S. 25). Würden alle Neuronen und synaptischen Verbindungen erhalten bleiben, wäre eine effektive Arbeitsweise und Feinabstimmung nicht möglich. Andererseits können sich bis ans Lebensende neue synaptische Verbindungen bilden oder bereits bestehende festigen. Dies wird als Plastizität des Gehirns bezeichnet und schenkt uns die Möglichkeit, uns lebenslang verändern zu können.

Die Erfahrungen in den ersten Lebensjahren lassen sich mit dem Bau eines Fundamentes für ein Haus vergleichen. Die ersten Jahre sind durch den Aufbau von grundlegenden Reizverarbeitungsabläufen gekennzeichnet, bevor sich, darauf aufbauend, komplexe Funktionsabläufe herausbilden. Ein stabiles Fundament aus grundlegenden Fähigkeiten wird nur aufgebaut, wenn die Bauarbeiten gut und solide ausgeführt werden. Das Fundament sorgt dafür, dass das Kind sein Potenzial entfalten kann. Dieses Fundament entscheidet über die gesamte Lebensdauer des Hauses darüber, wie die kleinen Feinheiten des Hauses (z. B. das Rechnen und Schreiben, die Gestaltung von Beziehungen, der Umgang mit Stress) gebaut werden können. Kommt es in dieser frühen Phase des Baus zu Erschütterungen (Vernachlässigung, Gewalt, Kriegserleben, Überbehütung, psychischer Stress), kann sich dies auf die Stabilität des Fundaments ein Leben lang auswirken.

Positive Erfahrungen, die Unterstützung der Architektinnen und Bauarbeiter beim Hausbau oder bei notwendigen Reparaturarbeiten (liebevolle Beziehungen, Wertschätzung, Achtung, sich ausprobieren dürfen, Grenzen und Halt finden, angemessene Herausforderungen) können dabei helfen, das Fundament zu stabilisieren und robuster werden zu lassen.



Ausreifung der sensorischen und motorischen Regionen im Cortex

Schauen wir uns nun genauer an, welche Hirnregionen in welchem Lebensalter ausreifen und mit ihrer Arbeit beginnen. Die Regionen in der Großhirnrinde konzentrieren sich zunächst darauf, sensorische Reize zu verarbeiten und die motorischen Antworten zu trainieren. So stehen in den ersten drei Monaten das Anlegen von ersten Bewegungsmustern sowie die Verbesserung der Reizwahrnehmung im Vordergrund. Der Sehsinn braucht beispielsweise eine recht lange Entwicklungszeit, bis er ein wirkliches Sehen ermöglicht: „Ab der achten bis zur zehnten Woche beginnt es, scharf zu sehen. Bald darauf Objekte zu fixieren und mit den Augen zu verfolgen“ (Spitzer und Herschkowitz 2019, S. 20).

In den ersten Lebensmonaten trainieren Babys intensiv, Reize wahrzunehmen, ihre Aufmerksamkeit zu lenken, grundlegende Bewegungen zu planen und sich auf das Gegenüber zu beziehen. Sie legen dabei im Gehirn Orientierungspunkte an, die ihnen helfen, Reize schneller und effektiver zu verarbeiten. Diesen Vorgang schauen wir uns in Kapitel 9 genauer an. Außerdem muss das Baby lernen, viele Prozesse zu koordinieren. Die Augen müssen einen Gegenstand fixieren, die Position des Gegenstandes zum eigenen Körper muss berechnet werden. Beim Versuch, den Gegenstand zu greifen, müssen Informationen zur Position des eigenen Körpers und der Hand für die Bewegungsplanung einbezogen werden. Außerdem muss das Gehirn die emotionale Befindlichkeit, die auf der unbewussten Ebene entsteht, einbeziehen. Will das Kind den Gegenstand unbedingt haben oder löst er Angst aus? Sind Mama oder Papa in der Nähe, sodass mir nichts passieren kann?

Zudem meldet der Körper auch zurück, ob die physischen Grundbedürfnisse befriedigt sind. Meldet sich der Hunger, verliert der Gegenstand umgehend an Bedeutung. Beobachtet man die Bewegungen von Babys, wird sichtbar, dass sich die Abstimmung von aktivierenden und hemmenden neuronalen Impulsen für die Gestaltung von „feinen Bewegungen“ noch mitten im Trainingslager befindet. Ungefähr ab dem 7. Lebensmonat sind alle Bereiche ausreichend trainiert, um den Körper in seiner Position aus eigener Kraft zu verändern und so den Radius für das Erkundungsverhalten zu erweitern.

Einüben von Fühlen und Denken

Die Amygdala (Rumpelstilzchen) kann schon vorgeburtlich eine emotionale Beteiligung auslösen. Ist das Kind auf der Welt, muss diese Region jedoch fleißig trainieren, um unterschiedliche emotionale Qualitäten zu entwickeln. Kleine Kinder sind noch nicht in der Lage, unterschiedliche Gefühle gleichzeitig zu spüren und haben auch noch keine Idee davon, dass ein emotionaler Zustand, der als Gefühl präsent wird, wieder vergehen wird. Somit fallen Wutausbrüche, Anfälle von Traurigkeit und Angst oder auch Begeisterung „heftig“ aus. **Kleine Kinder werden von ihren emotionalen Zuständen „überflutet“ und brauchen den Kontakt zu ihren Bezugspersonen, um sich beruhigen zu können.** Erwachsene Menschen sind in der Lage zu spüren, dass sie sich über einen anderen Menschen ärgern und ihn gleichzeitig lieben. Diese Fähigkeit haben kleine Kinder noch nicht. Erwachsene Menschen wissen, dass der Ärger über ein verlorenes Mensch-ärgere-Dich-nicht-Spiel bald verflogen sein wird. Kleine Kinder müssen erst noch lernen, dass Gefühle auch wieder vergehen.



Während die Amygdala bereits vorgeburtlich weitestgehend ausgereift und funktionsfähig ist, ist der Hippocampus (Lerner) ein Spätentwickler. Der Hippocampus vergrößert sein Volumen bereits ab dem 4. Lebensmonat, seine volle Leistungsfähigkeit erreicht er jedoch erst einige Zeit später. Zu Beginn kann er bereits erste Ansätze für eine Gedächtnisleistung bereitstellen, sodass das Kind sich einfache Dinge merken kann oder Unterschiede erkennt. **Der Aufbau des biografischen Gedächtnisses und die Unterstützung der Speicherung von expliziten (bewussten) Erinnerungen im Langzeitgedächtnis sind jedoch frühestens ab Ende des zweiten Lebensjahres möglich** (vgl. Spitzer und Herschkowitz 2019, 21).

Dadurch lässt sich auch erklären, dass wir uns nicht an unsere Geburt oder an das Verhalten unserer Eltern in den ersten Lebensmonaten erinnern können. So können sich Menschen, die unter angemessenen Lebensbedingungen aufgewachsen sind, frühestens bewusst an Ereignisse erinnern, die sie mit ungefähr drei Jahren erlebt haben. Erfahrungen, die vor dem Heranreifen des Hippocampus gemacht werden, speichert die Amygdala im impliziten Körpergedächtnis ab. Diese Erfahrungen können wir nicht in Worte fassen, wohl aber körperlich spüren, wenn gespeicherte Erinnerungen abgerufen werden.

Je älter das Kind wird, desto funktionsfähiger wird der Hippocampus, sodass immer mehr eine lückenlose Erinnerung an unser Leben entsteht. Steht das Kleinkind in den ersten Monaten jedoch unter extremen Stress, reift der Hippocampus verzögert aus. Die oberen Ebenen des Gehirns speichern bewusste Erinnerungen dann nicht oder nur in einem geringen Maße ab. Diese Auswirkungen werden wir uns in Kapitel 19 genauer anschauen.

Die Ebene, die für Bewusstheit zuständig ist, reift erst dann heran, wenn die Reizverarbeitung gut funktioniert. So können Babys schon früh eine Vielzahl an Emotionen ausdrücken, sind jedoch noch nicht in der Lage, Emotionen auch bewusst wahrzunehmen. Übrigens ist davon auszugehen, dass auch erwachsene Menschen eine Vielzahl an emotionalen Stimmungen, die ihr Verhalten beeinflussen, entwickeln, ohne dass sie ihnen bewusst sind (vgl. Carter 2012, S. 19f). Das Fühlen und die Zuordnung und Bewertung eines Gefühls benötigt jahrelange Übung. Ungefähr nach 8 Monaten beginnt das Kind damit, den Gesichtsausdruck des Gegenübers zu imitieren. Dieses Training ist wichtig, um die unterschiedlichen Gefühlszustände und ihren Ausdruck zuordnen zu lernen. Wie fühlt es sich an traurig zu sein? Wie unterscheidet sich traurig sein von sich schämen? Woran merke ich, dass ich mich freue? Und wie unterscheidet sich Freude von dem Gefühl der Liebe?

Neben dem Erlernen der emotionalen Zuordnung dient die Imitation auch dem Lernen durch Nachahmung. So kann man bei kleinen Kindern oftmals beobachten, wie sie zuschauen, was andere Kinder machen und sich dann daran machen, die gleiche Handlung ebenfalls zu versuchen. Auch das Wegnehmen der Spielsachen basiert in diesem Alter nicht auf einem „unsozialen“ Charakter, sondern auf dem inneren Impuls, das Gesehene selbst ausprobieren zu wollen.

Einige Areale im Frontallappen des Großhirns beginnen bereits im Alter von sechs Monaten damit, erste Regulationsfunktionen in Zusammenarbeit mit den Basalganglien aufzubauen. Dadurch sind erste Anzeichen von Kognition (z. B. das Verstehen von Ursache-Wirkungszusammenhängen) möglich. Das Kind baut mit Begeisterung einen Turm aus den Bauklötzen, um ihn dann wieder umzuschmeißen. Gegen Ende des ersten Lebensjahres kann das Kind einfache Rückschlüsse ziehen, sodass es beispielsweise weiß, dass die Mutter oder der Vater nicht ganz verschwunden sind, wenn sie den Raum verlassen.

Auf der bewussten Ebene hat das Kind jedoch noch keine Erinnerung davon abgelegt, sodass es sein Verhalten nicht erklären oder gar reflektieren kann. Kleinen Kindern wird oft unterstellt, dass sie ein unerwünschtes Verhalten „absichtlich“ zeigen, um den Erwachsenen „zu ärgern“. Auch aggressive Verhaltensweisen gegenüber anderen Kindern sind noch nicht bewusst gesteuert und mit einer „destruktiven“ Haltung verbunden. Diese Form einer exekutiven Entscheidung ist im Kleinkindalter noch nicht möglich. Wohl aber

registriert das Kind die Wirkung seines Verhaltens und wiederholt das Verhalten, wenn eine belohnende Wirkung eingetreten ist. Viele „Verhaltensauffälligkeiten“ im Kleinkindalter hängen damit zusammen, dass die Regionen im Gehirn noch im „Trainingslager“ sind und die Kinder auf haltgebende Bezugspersonen angewiesen sind, die nicht gleich jeden „Fehler“ als böse Absicht werten, sondern einfach die Unterstützungsfunktion beim Training sicherstellen.

Marina beobachtet, dass Philipp (4 Jahre alt) den Turm aus Legosteinen, den Max und Jonathan gebaut haben, umgeworfen hat. Die anderen Kinder schimpfen und Philipp rennt schnell davon. Marina geht langsam hinter ihm her und wartet ab, bis Philipp sich ein wenig beruhigt hat. Dann spricht sie mit ihm: „Du wolltest auch gerne mitspielen. Komm, wir versuchen es mal zusammen.“ Es dauert eine ganze Zeit, bis Philipp bereit ist, mit ihr zu den anderen Kindern zu gehen. Marina setzt sich mit auf den Bauteppich: „Philipp hat den Turm umgeworfen. Er möchte auch mitspielen.“ Sie hilft den Kindern, gemeinsam ins Spiel zu finden und lenkt den Prozess, wenn es zu Meinungsverschiedenheiten kommt, immer mit dem Fokus darauf, ein gutes Team zu werden.

Kinder beginnen am Ende des ersten Lebensjahres mit dem Training eines dialogischen Verhaltens, das aber noch nicht sozial abgestimmt ist. **Erst die Ausreifung des Sprachzentrums ermöglicht es dem Kind, über den verbalen Dialog Bewusstseinsprozesse aufzubauen.** Über den Aufbau von Bewusstseinsprozessen²⁶ findet dann die Ergänzung des dialogischen Kontaktverhaltens durch soziales Verhalten statt. Die Entwicklung der Sprache bedeutet auch, dass das Kind jetzt erste einfache Regeln erlernen kann.

„Die Sprachareale werden im Laufe des zweiten Lebensjahres aktiv. Das Areal, das Sprachverständnis vermittelt (Wernicke Areal), geht mit rund zwölf Monaten online, rund sechs Monate später gefolgt von dem Areal, das Sprache erzeugt (Broca-Areal), daher gibt es eine kurze Zeitspanne, in der die Knirpse mehr verstehen, als sie sagen können – ein frustrierender Zustand, der wahrscheinlich viel zu den Wutanfällen der Trotzphase im zweiten Lebensjahr beiträgt.“ (Carter 2012, S. 22)

Das kindliche Gehirn ist in den ersten Lebensjahren nicht in der Lage, zwischen „gut“ und „böse“ zu unterscheiden. Kleine Kinder können eigene oder die Handlungen anderer nicht aufgrund einer Werteorientierung einordnen. Ihr Gehirn lehnt sich an das Denken, Fühlen und das Verhalten der Eltern an und geht davon aus, dass das, was ihm vorgelebt wird, „richtig“ ist und „sich gut anfühlen muss“. Was auf den ersten Blick so positiv aussieht, bedeutet aber auch, dass Menschen sich insbesondere in den ersten Lebensjahren auch an nicht adäquate oder von uns als nicht sinnvoll definierte Erfahrungsräume und Beziehungsangebote anpassen. **Kinder passen ihre Fähigkeiten an das Erleben von körperlicher oder emotionaler Gewalt an, ohne die Rahmenbedingungen an sich in Frage zu stellen und die Idee zu entwickeln, dass ihnen Unrecht widerfährt.**

²⁶ Bewusstsein wird hier nicht als „bei Bewusstsein“ verwendet, sondern im Sinne von Bewusstheit „ich bin mir meiner Selbst und meines Verhaltens bewusst“, vgl. Kapitel 7.

Entfaltung der Selbstwahrnehmung

Der Cinguläre Cortex nimmt seine Arbeit ungefähr im zweiten Lebensmonat auf. Auch die Insula, die Basalganglien und die anderen kleinen Nervenknotten sind bereits in der frühen Kindheit aktiv, aber noch nicht voll ausgereift. Dadurch bauen sich langsam erste Formen des Ich-Bewusstseins auf. Das Kind lernt zu unterscheiden, ob es sich um die Hand der Mutter oder die eigene Hand handelt. Es macht die Erfahrung, dass die Mimik des Gegenübers eine Botschaft vermittelt.

Im Kindergartenalter trainieren Kinder Fähigkeiten, die eng mit diesen Regionen verbunden sind: Empathie, Sozialverhalten, emotionale Regulation, Regelverständnis, Handlungsplanung, Selbstbewusstsein – das bewusste Spüren der eigenen Fähigkeiten. Was oft im ausgeschlafenen Zustand in der Nähe einer vertrauten Bezugsperson funktioniert, kann jedoch noch nicht abgerufen werden, wenn die Müdigkeit sich meldet oder die Herausforderung zu groß ist.

Im Kindergartenalter von ca. 3 bis 4 Jahren können wir davon ausgehen, dass ein Kind aufgrund des Reifestandes des Gehirns in der Lage ist, soziales Verhalten zu entwickeln. „Erst Kinder von drei oder vier Jahren fangen an, zu verstehen, dass ein anderer eine eigene Innenwelt hat und seine Sicht auf die Dinge“ (Spitzer und Herschkowitz 2019, S. 34). Ab diesem Zeitpunkt können wir beobachten, dass die Kinder nicht mehr „nebeneinander“, sondern „miteinander“ spielen. In Rollenspielen experimentieren sie mit unterschiedlichen Rollen und Aufgaben und trainieren ihre soziale Abstimmungsfähigkeit. In diesem Alter beginnt das Kind damit, seine psychischen Grundbedürfnisse immer stärker unabhängig von Erwachsenen zu befriedigen (vgl. Kapitel 8).

Gehirnreife beim Eintritt ins Schulsystem

Mit Eintritt in die Grundschule sollten alle Strukturen das Basistraining absolviert haben, sodass eine Grundlage vorhanden ist, um sich dem Erlernen des Lesens, Schreibens und Rechnens zuwenden zu können. Mit dem Aufbau neuronaler Strukturen in der mittleren und oberen Ebene des Gehirns ist auch verbunden, dass die Lenkung der Aufmerksamkeit und die damit verbundene Fähigkeit der Konzentration vermehrt abrufbar ist. Das Kind kann Bedürfnisse immer leichter aufschieben und Impulse besser kontrollieren, sodass es ihm leichter fällt, an Aufgaben dranzubleiben. Auf dieser Grundlage gehen Kinder auch Aufgaben an, auf die sie zunächst keine Lust haben, weil sie gelernt haben, dass ein Gefühl sich verändert, wenn man mit der konkreten Handlungsplanung beginnt.

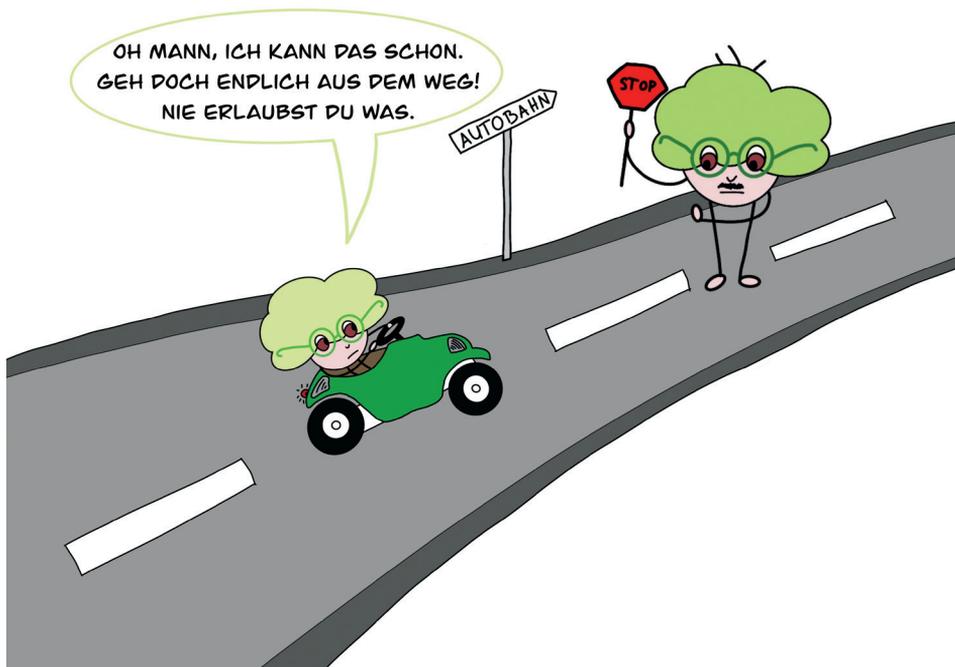
Sie haben in der Kindergartenzeit Grundlagen des Sozialverhaltens, das durch das Zusammenspiel der kleinen Nervenknottenpunkten, dem limbischen System und dem frontalen Cortex entsteht, aufgebaut, sodass sie Aufgaben im Team bearbeiten können. **Fehlt dieser „Boden“, haben Kinder es oft schwer, die Anforderungen der Schule bewältigen zu können.**

Im Grundschulalter ist der Hippocampus schon ausreichend stabil in seinen Arbeitsprozessen, um Gedächtnisinhalte aufzubauen und abzurufen. Kinder, die sich die notwendigen

Fähigkeiten in der frühen Kindheit erarbeiten konnten und durch viele bewältigte Herausforderungen ihr Belohnungssystem trainiert haben, sind neugierig und lernen gerne. Sie sind zunehmend in der Lage, Faktenwissen mit persönlichen Erfahrungen und ihren motivationalen Zielen in Verbindung zu setzen. Sie entwickeln Interessen, Abneigungen, bauen feste Freundschaften auf, verfolgen Ziele und beginnen auch damit, sich von den Erwachsenen abzugrenzen.

In der Kindheit finden die emotionale Regulation und Impulskontrolle noch überwiegend auf der mittleren Ebene des Gehirns (Striatum) statt. Die Exekutivfunktionen im frontalen Cortex sind noch nicht weit genug ausgereift, um Reflexions- und Entscheidungsprozesse so zu gestalten, dass die langfristigen Folgen und auch eventuelle Schwierigkeiten bedacht werden. Damit sind die Verhaltensweisen der Kinder noch störungsanfällig, mit einer emotionalen Unsicherheit und Instabilität verbunden und oft nicht „klug“ durchdacht. Das Striatum und den präfrontalen Cortex haben wir bereits in Kapitel 3 kennengelernt.

Es ist gut, wenn die engen Bezugspersonen eine Balance zwischen Freiraum und Grenzen aufbauen und es hin und wieder aufgrund ihrer Erfahrungen „besser wissen“.



Haltgebende Beziehung und die Bewältigung von Herausforderungen

In der frühen Entwicklungsphase des kindlichen Gehirns sind haltgebende Beziehungserfahrungen von besonderer Bedeutung. Erst durch die Interaktion mit den Eltern und wichtigen Bezugspersonen erfährt das Kind konstruktive Rahmenbedingungen für den Aufbau neuronaler Muster, in denen grundlegende Fähigkeiten verankert werden. **Das kindliche Gehirn muss sowohl vor Überforderungen wie auch vor Unterforderungen geschützt werden.** Cozolino führt aus, dass Beziehungserfahrungen, im Sinne von Resonanzprozessen mit sich selbst und anderen, eine der grundlegendsten Rahmenbedingung für unsere Entwicklung darstellen: „Das Gehirn ist ein Organ der Anpassung, das seine Strukturen durch die Interaktion mit anderen aufbaut“ (Cozolino 2007, S. 16). Auch Siegel und Payne B. (2016, S. 13) betonen die Bedeutung des Einflusses der Eltern: „Während der Entwicklung des Kindes ist sein Gehirn ein Spiegel des Gehirns der Eltern. Mit anderen Worten, die Entwicklung und das Wachstum der Eltern – oder deren Ausbleiben – hat eine Wirkung auf das Gehirn des Kindes.“

Auf erschreckende Weise wurden die Auswirkungen von Vernachlässigung in Kinderheimrichtungen in Rumänien während des Ceaușescu Regimes deutlich. Die Säuglinge wurden gefüttert und gewickelt. Sie wurden nicht auf den Arm genommen, es wurde nicht mit ihnen gespielt, sie erhielten keine Möglichkeit der sozialen Kontakte, konnten sich wenig motorisch ausprobieren und erfuhren auch keine verbale Ansprache. Viele der Kinder zeigten erhebliche Auffälligkeiten in ihrer emotionalen, motorischen, kognitiven und sozialen Entwicklung, die auch durch spätere Förderungen nur wenig beeinflusst werden konnten.²⁷

Nicht nur durch Vernachlässigung und Gewalterfahrungen stellen sich destruktive Effekte im Aufbau neuronaler Muster im Gehirn ein. Auch eine Überbehütung, die dazu führt, dass ein Kind bestimmte Reize nicht erfährt und somit auch nicht erlernt mit ihnen umzugehen, wirkt sich negativ auf die Entwicklung der neuronalen Verknüpfungen aus. Schauen wir uns diese Auswirkungen kurz anhand der motorischen Entwicklung an. Früher gab es ausschließlich Schnürschuhe, sodass alle Kinder im Alter zwischen drei und sechs Jahren damit konfrontiert wurden, eine Schleife, die nicht einfach zu erlernen ist, zu binden. Kamen sie in die Schule, mussten sie diese Aufgabe selbständig erledigen können.

Geht man heute durch die Kindergärten, findet man nur noch vereinzelt Schnürschuhe, Schuhe mit Klettverschlüssen reihen sich aneinander. Kinder lernen das Schleifebinden nicht mehr in einem frühen Alter, manchmal sogar gar nicht mehr. Dadurch fehlen ihnen Übungsmöglichkeiten, um ihre Feinmotorik auszubilden, so dass andere Fähigkeiten, wie das Schneiden mit der Schere oder das Schreiben ihnen schwerer fällt. Dann müssen Förderprogramme her, um die Feinmotorik zu trainieren, weil die normalen Alltags Herausforderungen gemieden werden. Außerdem entziehen wir den Kindern dadurch Übungsräume für den Aufbau von Frustrationstoleranz.

²⁷ Beispiele für die Folgen frühkindlicher Vernachlässigung und körperlicher, seelischer und sexueller Gewalt finden sich bei Perry und Szalavitz 2014, Garbe 2016.