

## Kinder, Jugend und digitale Medien

# Ohne Berücksichtigung der Erkenntnisse der Gehirnforschung gelingt kein Ausweg aus der Smartphone-Epidemie

Gertraud Teuchert-Noodt, Peter Hensinger

Im Jahr 2007 kam das Smartphone auf den Markt. Eine Zeitenwende, die sich bis heute gravierend auf Familien, ihre Kinder, Kitas und Schulen auswirkt. Der Sozialpsychologe Jonathan Haidt definiert in seinem Buch „Generation Angst“ diese Zeitenwende als „die vollständige Umstellung von einer spielerischen Kindheit, die wir seit Millionen von Jahren hatten, auf eine telefonbasierte Kindheit.“<sup>1</sup> Er beschreibt die gravierenden Auswirkungen auf die psycho-soziale Verfassung der Kinder und Jugendlichen: „Um das Jahr 2012 stürzte die geistige Gesundheit junger Menschen eine Klippe hinunter“. Dieser Artikel geht von der phänomenologischen Beschreibung der negativen Symptome der Digitalisierung zu den tieferen Ursachen. Die Neurowissenschaft und Humanbiologie erklären, warum uns die Digitalisierung unmerklich in eine Sackgasse führt. Die Digitalisierung ist eine Cyberattacke auf das Gehirn.<sup>2</sup>

### I. Zeitenwende: Die telefonbasierte Sozialisation

Im Jahr 2007 begann eine digitale Euphorie: Wer seine Kinder für die Zukunft vorbereiten will, müsse sie medienkompetent machen. Die Beherrschung des Smartphones und Tablet PCs wurde zur Schlüsselqualifikation stilisiert. Ein Netzwerk von IT-Lobbyfirmen bildete sich.<sup>3</sup> Sie verbreiteten das Narrativ „Raus aus der Kreidezeit“.

Im Jahr 2017 beschloss die deutsche Bundesregierung den Digitalpakt Schule. WLAN an Schulen wurde zum Markenzeichen für Fortschritt. Erstmals in der Pädagogikgeschichte gab die Industrie vor, wie Kita und Schule erziehen sollen. Drittmittel flossen an Erziehungswissenschaftler, die mit Gefälligkeitsuntersuchungen die „Digitale Bildung“ legitimierten.<sup>4</sup> Digitalaffine Medienpädagogen dominieren bis heute die Beratungsgremien der Bundesregierung.

Gegen diese Dehumanisierung schlossen sich bereits 2016 Wissenschaftler zum *Bündnis für humane Bildung* zusammen.<sup>5</sup> Sie warnten in ihren Publikationen vor den pathologischen Folgen der frühen Bildschirmnutzung. Zu ewiggestrigen Alarmisten wurden sie abgestempelt. Das Landesmedienzentrum Baden-Württemberg versuchte 2012, Prof. Manfred Spitzer, Mitinitiator des Bündnisses, zu widerlegen und sagte voraus: „Was Spitzer vorschlägt, wird eh nicht ernst genommen und wird garantiert nicht stattfinden – also Entwarnung.“<sup>6</sup>

Spitzer stellt im Rückblick fest, dass die Prognosen in seinem Buch *„Digitale Demenz“* (2012), wie sich „übermäßiger Bildschirmmedienkonsum negativ auf das Lernen, das Gedächtnis, die Aufmerksamkeit und Konzentration, die Fähigkeit zur Emotionsregulation und das Sozialverhalten auswirkt“, in vollem Umfang durch aktuelle Studien bestätigt werden, zum Leidwesen einer Generation von Kindern.<sup>7</sup>

### 1. Medizinische Fachverbände und Krankenkassen schlagen Alarm

Als Reaktion auf die Smartphone-Epidemie verabschiedeten 11 deutsche medizinische Fachverbände die „Leitlinie zur dysfunktionalen Bildschirmnutzung für Kinder und Jugendliche“ (2023) und warnen vor den Folgen: Übergewicht, Schlafstörungen, Augenerkrankungen, Entwicklungsstörungen, Bindungsstörungen, Verhaltensstörungen, Internetsucht, Mobbing und sexuelle Belästigung, Glücksspiel, Strahlungsbelastung sowie postnatale Auswirkungen durch die Nutzung während der Schwangerschaft.<sup>8</sup> Frappierend: Von dieser Leitlinie, die auch von der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA) mit herausgegeben wurde, scheinen weder Bildungspolitik noch Medien Notiz zu nehmen.

Prof. Christian Möller, Chefarzt in der Kinder- und Jugendpsychiatrie Hannover, plädiert im Handbuch „Internet- und Computersucht“ für die Null-Smartphone-Regel: „Medienkompetenz beginnt mit Medienabstinenz. Vor allem kleine Kinder brauchen umfassende basale Sinneserfahrungen und keine Reduktion auf Wischen und visuelle und auditive Eindrücke. Bewegung und auf Bäume klettern fördert nicht nur die kognitiven Fähigkeiten, sondern beugt vielen Zivilisationskrankheiten vor, wie Adipositas, Diabetes, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Kurzsichtigkeit.“<sup>9</sup> Digitale Medien bei Kleinkindern wirken sich, so Möller, negativ auf den Spracherwerb, Schreiben, Lesen, die Kreativität und die Intelligenzentwicklung aus. Das ist bereits omnipräsente Realität. Krankenkassen schlagen Alarm angesichts explodierender Zahlen von süchtigen Kindern, dem Anstieg von Sprachdefiziten und -störungen.<sup>10</sup>

### 2. Smartphone – Designerdroge der Tech-Konzerne

Kinder und Jugendliche sind gefesselt an das Smartphone. Digitale Medien, Spiele und Apps sind auf Sucht programmiert, auf das Ausschalten der Impulskontrolle.<sup>11</sup>

Das Smartphone ist eine Droge. Das kindliche Gehirn kann dafür keine Abwehrmechanismen entwickeln.<sup>12</sup> Die Anzahl internet-süchtiger Kinder und Jugendlicher steigt enorm.<sup>13</sup> Die von den Tech-Konzernen auf Sucht programmierten Geräte kannelisieren das Leben unserer Kinder und Jugendlichen. Kreative Perioden der Stille, Langeweile und des Sinnierens entfallen. Die negativen Folgen dieser Reizüberflutung für die Gehirnentwicklung haben Supper/Teuchert-Noodt in einer Studie bei Drittklässlern nachgewiesen: insbesondere die Raum-Zeit-Verrechnung im Stirnhirn bleibt unterentwickelt.<sup>14</sup>

Der Schulpädagoge Prof. Klaus Zierer schreibt als Fazit seiner Metastudie: „Je länger sich Kinder und Jugendliche in ihrer Freizeit mit ihren Smartphones beschäftigen und je mehr Zeit sie in sozialen Medien verbringen, desto geringer ist die schulische Lernleistung.“<sup>15</sup> 40 Experten aus Pädagogik und Medizin aus Deutschland und der Schweiz forderten 2023 in einem Appell den sofortigen Stopp der Digitalisierung bis zum Grundschulbereich.<sup>16</sup>

Doch die deutsche Bildungspolitik verfolgt weiter den von Industrielobbyisten vorgegebenen Weg der Digitalisierung von Erziehung und Bildung. Das ist angesichts der Studienergebnisse wissentliche Körperverletzung. Noch mehr und noch frühere Digitalisierung wird finanziert, bis hinein in die Kitas, und das, obwohl in Ländern, die Deutschland in der Digitalisierung voraus waren, die Reißleine gezogen wird. Dänemark macht aktuell die digitale Bildung bis einschließlich der Grundschulen rückgängig! Bildungsminister Mattias Tesfaye entschuldigte sich, man habe den Kindern massiv geschadet und sie zu „Versuchskaninchen in einem digitalen Experiment“ gemacht.<sup>17</sup>

Ein Gutachten der Karolinska-Universität im Jahr 2023 führte dazu, dass auch in Schweden die Digitalisierung bis in die Grundschulen rückgängig gemacht wurde.<sup>18</sup> In Finnland, Niederlande, Spanien, Frankreich, Neuseeland, Russland und China werden ähnliche Konsequenzen gezogen.<sup>19</sup> Die Tendenz: Kinder sollten erst zwischen dem 14. und 16. Lebensjahr ein Smartphone oder Tablet bekommen. In den USA intervenierte der U.S. Surgeon General, Chef der obersten Gesundheitsbehörde, mit einem Gutachten zur Gefährdung der psychischen Gesundheit von Kindern und Jugendlichen durch digitale Medien.<sup>20</sup> Der UNESCO-Bildungsreport 2023 warnt vor zu früher Nutzung.<sup>21</sup>

### 3. Das Buch von Jonathan Haidt müsste zu einem Paradigmenwechsel führen

Das 2024 erschienene Buch von Jonathan Haidt „*Generation Angst. Wie wir unsere Kinder verlieren und ihre psychische Gesundheit aufs Spiel setzen*“ wurde auch in Deutschland zum Bestseller. Das Smartphone ist ein Produkt, so Haidt, mit „suchterzeugenden Inhalten“, das „körperliches Spielen und eine Sozialisierung durch persönlichen Kontakt in den Hintergrund drängt“, „die Kindheit neu verdrahtet und die menschliche Entwicklung in einem fast unvorstellbaren Ausmaß verändert“ (S. 14). Jonathan Haidt definiert diese Zeitenwende als „die vollständige Umstellung von einer spielerischen Kindheit, die wir seit Millionen von Jahren hatten, auf eine telefonbasierte Kindheit“ (s. Anm. 1). Die Kinder verpassen „tatsächlich fast alles, während sie ihre Online-Stunden häufen“ (S. 35). Sie sind hier, aber gleichzeitig „für immer anderswo“ (S. 61), in den von Konzernen geschaffenen TikTok-Welten. Eine „historische und beispiellose Transformation der menschlichen Kindheit“ (S. 27) mit gravierenden Folgen: „Um das Jahr 2012 stürzte die geistige Gesundheit junger Menschen

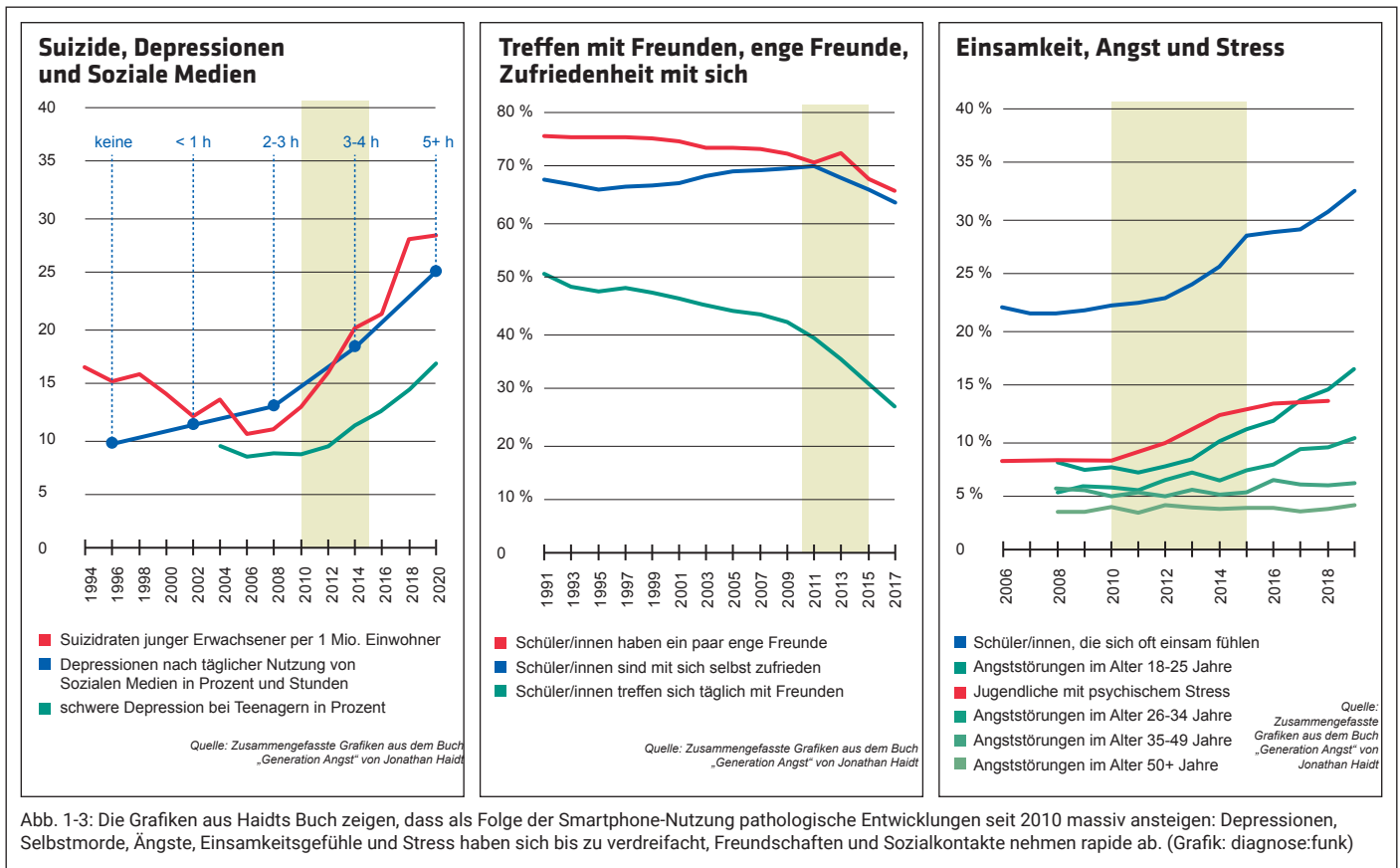


Abb. 1-3: Die Grafiken aus Haidts Buch zeigen, dass als Folge der Smartphone-Nutzung pathologische Entwicklungen seit 2010 massiv ansteigen: Depressionen, Selbstmorde, Ängste, Einsamkeitsgefühle und Stress haben sich bis zu verdreifacht, Freundschaften und Sozialkontakte nehmen rapide ab. (Grafik: diagnose:funk)

eine Klippe hinunter“ (s. Anm. 1). 700.000 Kinder und Jugendliche gelten in Deutschland bereits als internetsüchtig, 2,2 Millionen als problematische Nutzer (s. Anm. 13). Grundfertigkeiten wie Zuhören, Rechnen, Lesen und Schreiben beherrschen immer weniger Kinder. Die Grafiken (Abb. 1–3) aus Haidts Buch zeigen, dass in der Folge der Smartphone-Nutzung pathologische Entwicklungen seit 2010 massiv ansteigen: Depressionen, Selbstmorde, Ängste, Einsamkeitsgefühle und Stress haben sich bis zu verdreifacht, Freundschaften und Sozialkontakte nehmen rapide ab.

#### 4. „Der Mensch ist nur da Mensch, wo er spielt“ (Friedrich Schiller)

Haidts zentrale These, dass die Ursache für diese globale Krise der psychischen Gesundheit die vollständige Umstellung von einer spielerischen auf eine telefonbasierte Kindheit ist, hätte schon Friedrich Schiller bestätigt. „Der Mensch spielt nur, wo er in voller Bedeutung des Wortes Mensch ist, und er ist nur da ganz Mensch, wo er spielt,“ schrieb Schiller, erzogen in der Zuchtanstalt von Herzog Carl-Eugen, der Karlsschule. Haidt macht uns bewusst, welche große Bedeutung das gemeinschaftliche Spiel von Kindern hat: „Freies Spiel ist die Arbeit der Kindheit, und alle jungen Säugetiere haben dieselbe Aufgabe: ihr Gehirn zu verdrahten, indem sie wild und möglichst oft spielten. Hunderte von Studien mit jungen Ratten, Tieraffen und Menschen zeigen, dass junge Säuger spielen wollen, spielen müssen und sozial, kognitiv und emotional Schaden nehmen, wenn sie nicht spielen können“ (S. 70). Im virtuellen Spiel aber sind die Interaktionen „entkörperlicht, bis auf das Wischen und Tippen sind keine Muskeln im Spiel“ (S. 78). Das Gehirn kann sich nicht verdrahten. Die Abkehr vom Spiel in der Gemeinschaft, der „Verlust der affektiven Abstimmung“ beim PC-Spiel lässt Empathie nicht aufkommen oder verkümmern, macht lebensunfähig: „Um zu gedeihen, brauchen Kinder viel freies Spiel. Das ist ein Imperativ, der sich quer über alle Säugerarten belegen lässt. Die kleinen Herausforderungen und Rückschläge, die während des Spiels auftreten, sind wie eine Impfung, die Kinder darauf vorbereitet, sich später viel größeren Herausforderungen zu stellen“ (S. 18).

Fehlt das schöpferische, aber auch das riskante Spiel, das Streunen im Stadtteil, die Abenteuer beim Wandern und Klettern, der gemeinsame Fußweg zur Schule, weil ängstliche Helikoptereltern ihre Kinder an die digitale Nabelschnur fesseln, ist das Ergebnis eine ängstliche Generation. Jonathan Haidt bringt es auf den Punkt: „Es ist, als gäben wir unseren Kleinkindern Tablets mit Filmen übers Laufen, doch diese Filme sind so fesselnd, dass sich die Kids nie die Zeit nehmen oder die Mühe machen, tatsächlich Laufen zu lernen“ (S. 73). Das am Tablet wischende, reizüberflutete, vereinsamende und adipöse Kind, gefangen im Netz, wird zum modernen Kaspar Hauser.

## II. Warum die Hirnforschung bei der Digitalisierung von Kindern ein gehöriges Wort mitzureden hat

Die meisten bisherigen Veröffentlichungen, auch die von Haidt, dokumentieren beeindruckend Korrelationen und Symptomata, stoßen aber nicht zu den Wirkmechanismen vor. Die Fixierung auf die Suggestivfrage: „Wie setzen wir digitale Medien ein?“ lenkt gezielt und verkaufsfördernd in eine falsche Richtung. Es geht darum: Wie lernt ein Kind? Wie reift das Gehirn? Was brauchen Kinder, um gesund aufzuwachsen, damit sich

ihre Sinne herausbilden, sich Reflexionsfähigkeit und Selbstbewusstsein entwickeln? Gehen wir also von der phänomenologischen Beschreibung der negativen Symptome der Digitalisierung zu den tieferen Ursachen. Die digitale Beschleunigung von Raum, Zeit und Information nimmt Kindern die Chance, „ihr Gehirn zu verdrahten“. Wie tiefgreifend die Auswirkungen der Digitalisierung sein können, weil sie Reifungsprozesse verhindern und unmerklich in eine Sackgasse führen, hat die Gehirnforschung geklärt.

Die kausalen Wirkmechanismen von Hirnfunktionen sind uns seit nunmehr fast einem halben Jahrhundert gut bekannt; nachzulesen in den Lehrbüchern für Studierende im Grundstudium: Zur funktionellen Neuroanatomie<sup>22</sup>, Neuropsychologie<sup>23</sup> und Neuropathologie<sup>24</sup>. KI-Informatiker ziehen seit langem kundige Neurowissenschaftler zu Rate, um ihnen die letzten Geheimnisse von Hirnfunktionen zu entlocken und sie in ihre suchterzeugenden Algorithmen einzuprogrammieren. Eben darüber haben sie es ja geschafft, die junge Generation „über die geistige Klippe“ zu stoßen und sich goldene Nasen zu verdienen. Waren unsere Verantwortungsträger nicht längst in die Pflicht genommen, sich fachlich zu informieren, bevor sie für die Schulpädagogik destrukturende Reformen auf den Weg gebracht haben?

### 1. Jetzt zur Sache: Das Gehirn ist ein Ökosystem

Diese Botschaft hatten in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts die chilenischen Neurobiologen H. R. Maturana und F. J. Varela in die Welt gesetzt und mit ihrem Buch „Der Baum der Erkenntnis“<sup>25</sup> einen geistigen Tsunami ausgelöst. Autopoiese/Selbstorganisation, das war das neue Schlagwort, das den verstaubten Wissenschaftlern interdisziplinär vor die Füße fiel. Nun konnte man einen ganz neuen Blick auf unsere Spezies Homo sapiens sapiens, seine Onto-/Phylogese und Kulturgeschichte werfen. Letztere beruht offensichtlich nicht nur auf einem definierbaren Genpool, sondern ist Resultat kreativer, lernbegabter und jeweilig fachkundig ausgebildeter Gehirne, die ihre Erkenntnisse von Generation zu Generation weitergegeben und für neue Horizonte den Blick geöffnet haben. Aber werden unsere Kinder im Zeitalter der wachsenden Elektronik noch eine humane Kulturgeschichte fortschreiben können? Direkter gefragt:

*Werden wir die Generation Z von jenseits der Klippen zurückholen und die Jüngeren vor gleichem Schicksal bewahren können? Um diese Fragen soll es hier gehen. Die Gehirne unserer Kinder und Jugendlichen und ihre mentalen Verfassungen sind in große Gefahr geraten.*

Das komplexeste aller Ökosysteme auf dem Erdplaneten, unser Gehirn, wächst und gedeiht bei natürlichen Anlagen, entweder mental gesund oder psychisch leicht bis schwer angeschlagen heran, je nachdem, welchen Umweltbedingungen es ausgesetzt ist. Deswegen lässt sich die Intelligenzentwicklung eines jeden Kindes an den gegebenen Verhältnissen ablesen. Eine vor wenigen Jahren mit einer Kollegin durchgeführte epidemiologische Pilotstudie dazu hat uns gezeigt, dass bereits die vorgeburtlichen Erfahrungen (stressige bzw. stressfreie Schwangerschaft) einen Grundstock für die Frage setzen, ob das Schulkind gute oder schlechte Lernleistungen erbringen wird.<sup>26</sup> Eine Metapher, entdeckt bei einer Wanderung an der Ostseeküste und festgehalten im Film „Aufwach(s)en im Umgang mit digitalen Medien“, mag das veranschaulichen:

*Je nach Standort kann aus einer Buchecker entweder eine hochstämmige Buche oder eine krumme Zwergbuche heranwachsen.*

Das Gehirn funktioniert wie alle Ökosysteme nicht in geschlossenen, sondern in offenen Regelkreisen, die der Umwelt sensibel ausgesetzt sind und sich flexibel anpassen. Neuronale Anpassung heißt Kopplung von Hirnstrukturen an Funktionen, Kopplung von neuro-chemischen Prozessen an das Verhalten und wiederum Anpassung von Verhalten an das neuronale Ökosystem. Das greift auch schon vorgeburtlich, und deswegen sind unsere Kinder andere als wir einmal waren. Im digitalen Zeitalter ist ein kardinaler Umbruch von traditioneller Raum-/Zeitkultur in Gang gekommen, und die Frage erhebt sich, was wir bewahren müssen und was wir für den technischen Fortschritt aufgeben können? Wenn es heißt, wir „müssen unsere Kinder in das neue technische Zeitalter mitnehmen“, ist das auch aus Sicht der Neurowissenschaften selbstverständlich. Aber das geht nicht, indem wir sie im Kindes- und Jugendalter digitalisieren.

*Kinder und Jugendliche müssen den Raum und die Zeit auf unserem Planeten in ihren Gehirnen erst neuroplastisch heranreifen lassen, um daraus ihre eigene Intelligenz und Selbstbestimmung entwickeln zu können. Anderenfalls werden sie zu digitalen Psychopathen, eingefangen in Ängsten, Depressionen, Suizidgefährdung und mehr, wie im Buch von J. Haidt „Generation Angst“ wissenschaftlich dokumentiert ist.*

## 2. Was ist Neuroplastizität?

Für ein Verständnis der alle Hirnfunktionen beherrschenden Neuroplastizität dienten seinerzeit zwei Theorien bzw. Arbeitskonzepte. Tatsächlich waren es in den Pionierjahren der Neuroforschung zunächst Hypothesen, die uns Forschern über ein halbes Jahrhundert hin viele Fragen aufgegeben und Wege gewiesen haben. Aber heute können sie als in großem Umfang bewiesene Erkenntnistheorien gelten. Man sollte sie kennen, um daraus ableiten zu können, wie sich Smartphones und weitere Elektronik auf das reifende Gehirn im Kindes- und Jugendalter auswirken.

Die zwei Theorien betreffen die *Hebbsche Lernsynapse* (1949)<sup>27</sup> und die *Wolffsche Kompensationstheorie* (1983)<sup>28</sup>. Eine Zusammenschau beider soll hier zeigen, wie umfassend Neuroplastizität ab dem embryonalen Alter das Gehirn und Verhalten, und zwar von der molekularen bis zur systemischen Ebene, ganzheitlich beherrscht, und wie anfällig es gegenüber elektronischer Technik ist. Neuroplastizität erklärt, warum menschliche Gesellschaften Hochkulturen schaffen konnten und sich heutzutage rasant schnell in elektronischen Netzwerken verfangen.

*Behalten wir dabei die oben angesprochenen jüngsten Ergebnisse von J. Haidt im Auge, dann wird aus hirnphysiologischer Sicht ein globaler Niedergang von Homo sapiens Kulturen nicht nur erahnbar, sondern als unmittelbar bevorstehend erkennbar. Wir müssen noch für unsere Kinder gegensteuern.*

### 2.1. Zum ersten Verständnis greift Hebb

Die *Hebbsche Lernsynapse* (= NMDA-Rezeptorsystem; s. Lehrbuch Kandel)<sup>29</sup> steht im Mittelpunkt allen neuroplastischen Geschehens, das mit Reifung und Lernen auf zellulärer und molekularer Ebene zu tun hat (s. Abb. 8). Sie ist speziell an denjenigen Orten präsent, die der Hirnrinde neue Informationen anliefern, Wachheit, Neugierde, Konzentration erwecken und Gedächtnis-

speicher aktivieren, um die alltäglich nötige Lebensplanung zu gestalten. Immer ist dieses komplexe Rezeptorsystem mit jeweils gleichen molekularen Attributen ausgestattet. Bemerkenswert ist, dass die subzellulären Vorgänge in ionalen und neurochemischen hin- und rückläufigen Bahnen prinzipiell so ablaufen wie auch in makroskopischen Schaltkreisen: Eine initiale „Sensitivierung“ verstärkt das neuro-chemische Wirkprofil der Synapse, der ausgeschüttete Transmitter (Glutamat) setzt lokal eine Prozesskaskade in Gang, die am Ende zu anhaltend vermehrter Ausschüttung und elektrischer Erregung führt (= Langzeitpotenzierung, LTP), was wie ein Echoeffekt auf die fortlaufende Erregungsleitung wirkt.

Nachher begegnen wir dieser selbstreferentiellen Steuerung und Steigerung von Erregung erneut auf systemischer Ebene unter dem Stichwort „Belohnungssystem“. Die Lernsynapse belohnt sich und ihr unmittelbares Umfeld quasi selbst. Sie kann einen erhöhten Aktivitätsspiegel für eine gewisse Zeit festhalten, auf benachbarte Nervenetze ausweiten und sie plastisch anpassen.

Eine ganze Generation von molekularen und elektrophysiologischen Neurowissenschaftlern hat diese phantastische Lernsynapse im letzten Jahrhundert beforscht und mit zunehmenden Erkenntnissen die alljährlichen Neurobiologentagungen ab den 60er bis Ende der 80er Jahre beherrscht. Ein stressfreies Umfeld und wiederholte Anreize festigen einen Lernerfolg epigenetisch auf synaptischer und molekularer Ebene und letztlich auf Verhaltenesebene. Diese Prozesse werden bereits vorgeburtlich an- und eingespielt.

*Wie wichtig wäre es also, werdende Mütter aufzuklären und ihnen eine anhaltend stressfreie Zeit zu garantieren. Zudem könnten diese hier knapp zusammengefassten und weltweit bekannten Erkenntnisse des letzten Jahrhunderts schon genügen, um klarzustellen, dass Lernen die ganze Aufmerksamkeit des Schülers erforderlich macht, und es von vornherein ausgeschlossen sein sollte, ein die neuronale „Sensitivierung“ anregendes Handy auf dem Lernpult oder in der Tasche bei sich zu haben. Warum also erfolgen in Deutschland Handy-Verbote an Schulen erst jetzt?*

### 2.2. Es ist zu kurz gegriffen, Neuroplastizität nur auf Hebbs Lernsynapse zu beziehen

Die *Wolffsche Kompensationstheorie* hat den Blick auf die systemische Ebene verlagert. Schlagworte wie „*neuronale Selbstorganisation*“ und „*aktivitätsgesteuerte Adaptation*“ ganzer Schaltkreise kamen ins Spiel. Soll heißen, eine genetisch nicht perfekte Ausrüstung eines embryonalen Gehirns kann bei günstigen Umweltbedingungen in der Kindheit/Jugend zu einer höheren Begabung führen, als es eine genetisch perfekte Ausrüstung bei ungünstigen Umweltbedingungen vermag (siehe die Buchen-Metapher). Ungünstige Umwelten drängen sich dem kindlichen Gehirn im technisch hochgerüsteten Zeitalter leider fast unausweichlich auf. Mag das vielleicht auch erklären, warum moderne Gesellschaften als immer dümmer werdend eingestuft werden?<sup>30</sup> Und hat die ab 2010 eingesetzte Smartphone-Epidemie der Generation Z nicht längst eine Vorgeschichte? Dieser Frage auf den Grund zu gehen ist wichtig, um griffige Konzepte für eine neue und gesunde Kindserziehung zu entwickeln bzw. wieder aufzugreifen, denn mitunter sind und waren Menschengeschlechter auch ganz gut aufgestellt.

Erstmalig haben wir aus der jüngsten Wissenschaftsgeschichte auch zusätzlich das reale Wissen zu den Gründen der digitalen Gefahren für Kinder und Jugendliche. Verantwortungsträger sollten diese Chance nutzen, sich fachgerecht zu informieren und danach zu handeln.

Das Wolffsche Konzept zur *Kompensation* war nicht vom Himmel gefallen. Es greift die kurz zuvor in der Mitte des letzten Jahrhunderts entdeckte *Reaktive Neuroplastizität* auf, die bei Patienten mit Hirnschäden, etwa nach Erblindung, andere gesunde Funktionen zur *Re-Aktivierung* des geschädigten Hirnareals, in diesem Fall der Sehrinde, veranlasst. Dabei werden morphogene Signale von den lädierten Neuronen in der Sehrinde bzw. ihren frei gewordenen Rezeptoren ausgesandt, um umweltbezogene Aktivitäten chemisch anzulocken. Bezeugt wurde dieser hirneigene Reparaturmechanismus seinerzeit durch ein spannend zu lesendes Buch „Wenn ihr sehen könntet was ich höre – Ein Blinder besiegt sein Schicksal“.<sup>31</sup> Zusätzlich bezeugt wurde das auch durch bestimmte Contergan-Unfälle. Ohne obere Gliedmaßen geborene Kinder konnten, wenn sie rechtzeitig geschult wurden, die unteren intakten Gliedmaßen zum Malen, Schreiben und Werkeln einsetzen, um eine gesunde Intelligenz heranreifen zu lassen. Es sind die ubiquitär vorhandenen Hebbischen Lernsynapsen, die Fasern auswachsen lassen und zu vakanten Neuronen leiten, um diese zu (re-)funktionalisieren. Das dafür kritische Zeitfenster muss rasch in den ersten Wochen/Monaten nach einem Unfall für sinnbezogene Angebote genutzt werden. Diese Erkenntnis hat sich etwa seit Anfang der Zweitausender in Unfallkliniken und guten Therapieeinrichtungen etabliert.

Ist es vorstellbar, dass die durch zu viel unbedachten Einsatz von digitaler Technik an Kindern begangenen Fehler vielleicht auch wieder gutgemacht werden könnten, sagen wir reaktiv angesteuert,

für Teilfunktionen des Gehirns eine umweltbezogene Genesung versprechen? Gehen wir dieser Frage auf den Grund, denn Handlungsbedarf ist angesichts der zunehmenden Anzahl von digitalisierten Kindern mit Sprach-, Lese-, Mathe- und Schreibproblemen dringend erforderlich.

Für den Entwicklungsneurobiologen J. Wolff lag bezüglich seiner Kompensationstheorie der nächste Geistesblitz auf der Hand, aber der eigentlich notwendige Donnerschlag lässt bis heute auf sich warten: Das Stichwort „reaktive Neuroplastizität“ könnte doch auch ein natürliches Geschehen in der Hirnentwicklung widerspiegeln, um das werdende Leben mit seiner Umwelt systemisch zu vernetzen, und das schon von Anbeginn. Bereits vorgeburtlich bereiten reifende Neurone mit freien Rezeptoren und reifende Neurotransmitter den Nährboden, um vorhandene Nervenetze in beständige Unruhe bzw. Wachstumsbereitschaft zu versetzen. Heißt, sie zwecks Anpassung an veränderte Milieuverhältnisse zu flexiblem Aus-, Ab- und Umbau ihrer synaptischen Verbindungen zu veranlassen, und das durch endogen induzierte partielle Degradation und Reorganisation von Kontakten. Automatisch würde sich die Umwelt in physiologisch kritischen Phasen einbringen und eine Struktur-Funktionskopplung veranlassen. Individuell wären solche Phasen natürlich zeitlich voneinander abweichend, also nicht exakt zu bestimmen; aber das sollte das Geschehen ja nicht beeinträchtigen. Wolff hat zu dieser sich selbst steuernden Organisation von Hirnfunktionen und der Kopplung mit der Umwelt ein anschauliches Modell entwickelt (s. Abb. 4).

Wer das Wolffsche Prinzip der Systemischen Neuroplastizität verstanden hat, dem müsste es jetzt kalt über den Rücken laufen. Studierende über 50 haben mir nach dieser Vorlesungsstunde immer wieder gesagt, „mein Gott, wenn ich das für die Erziehung meiner Kinder früher gewusst hätte“. Aus jedem menschlichen Embryo könnte bei normaler genetischer Veranlagung ein (hoch-)begabter Erwachsener werden.

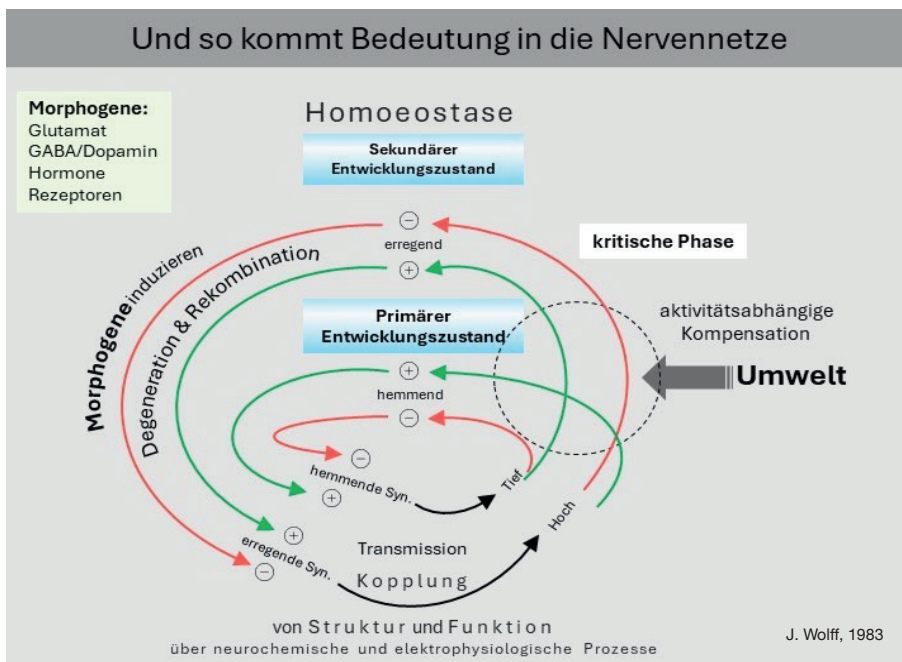


Abb. 4: Wolffs Kompensationstheorie (Abbildung aus Wolff, Wagner (J. Wolff, 1983, Anm. 28), leicht modifiziert): Selbstorganisation von Schaltkreisen in neuronalen Netzen über neurochemisch-elektrische Prozesse vor dem Hintergrund erregender und hemmender rezeptiver Felder. Immer befinden sich transiente Zustände in strukturell-funktionellem Bezug. Morphogene sind die steuernden Kräfte, Degradation und Rekombination von primären, sekundären, tertiären Schalteebenen zu veranlassen, bis im gereiften Gehirn ein annähernd stabiler Endzustand erreicht ist. Kritische Phasen, in denen Umweltbezüge in die Neuverschaltung integriert werden, kennzeichnen den Übergang von einer Schalteebene in die nächste durch aktivitätsgesteuerte Kompensation.

Mitte der 80er Jahre war die Entdeckung von Rezeptoren mit morphogener Signalwirkung mit einem Nobelpreis versehen worden (Nobelpreisträgerin Rita Levi-Montalcini). Wolff selber hatte nahezu zeitgleich herausgefunden, dass auch der im Gehirn allgegenwärtige und klassische Neuromodulator GABA eine morphogene Wirkung hat; andere Neurotransmitter und Hormone konnten diesem Wirkprofil alsbald hinzugefügt werden, so auch Dopamin (s. unten). Das Fazit ist, während der vor- und nachgeburtlichen Reifung wirken junge Neurone, reife Neurotransmitter und Hormone wachstumsfördernd, also wie Regen nach einer Trockenperiode, der die Saat keimen und die Knospen sprießen lässt. Unten greifen wir das für die Reifung des Stirnhirns auf, das von solchen unruhigen neurotrophischen Wetterverhältnissen bis ins 18./20. Lebensjahr bestimmt wird, um erst dann in der Lage zu sein, für sämtliche Hirnfunktionen Führung zu übernehmen.

Wird diese Führung vorzeitig auch nur ansatzweise dem Smartphone anvertraut, dann bewirkt das gleichwohl eine strukturell-funktionelle Gewöhnung, und eine dauerhaft geminderte Gedächtnisspeicherung ist vorprogrammiert.

### 2.3. Definierte Zeitfenster öffnen die Tore ins Gehirn

Das Fazit der Wolffschen Kompensationstheorie ist, dass im reifenden Gehirn physiologisch instabile Zustände wie von selbst Fenster öffnen, in denen sich die Umwelt über jegliche Aktivitäten automatisch einbringt und das Verhalten mitbestimmt. Das geschieht in der natürlichen Hirnreifung ebenso wie oben für das Reparaturgeschehen nach einer Erblindung dargestellt. So kommt Bedeutung in die Nervenetze. Lernen und Entwicklung sind die zwei Seiten einer einzigen Medaille. Die Konrad Lorenz'sche Nachlaufprägung seiner Graugänse war und bleibt ein anschauliches Vorführbeispiel für das stabile Lernen in frühkindlichen kritischen Phasen. In welchem Biologieunterricht wurde und wird dieses Beispiel nicht mit begeisterten Schulkindern durchgespielt.

Ebenso gilt das umgekehrte Fallbeispiel: der Kaspar Hauser-Effekt, der sich heute in die digitalisierte Kindheit wie ein Krebsgeschwür einbringt. Das setzt bereits ein, wenn die Mutter während der Ernährung ihres Kindes durch ihr Surfen auf dem Handy den vom Baby instinktiv gesuchten Blickkontakt quasi verweigert. Diese Kleinen werden alsbald selbst frustrierte „Blickkontakt-Verweigerer“ mit Folgeschäden im schulischen Alter, wie ADH-Syndrom, Lernbehinderung und Drogengefährdung.<sup>32</sup>

Was Tablets im Kinderzimmer an bleibenden Schäden anrichten, geht über die seit den 80er Jahren schon bekannten mentalen Schäden durch den Fernseher im Wohnzimmer weit hinaus:

*Heute ziehen Eltern ihrem Kind eine digitale Zwangsjacke an. Sie wissen nicht, dass sich in der frühen Kindheit die basalen Schaltungen zwischen senso-motorischen und emotionalen Funktionen über sinnesbezogene Aktivitäten ausbilden und das Fundament für die darauf aufbauenden komplexen Funktionen vorbauen. Die Schlussfolgerung muss sein, Kitas und Grundschulen besonders in den Fokus zu nehmen und digitalfrei zu halten. Stattdessen müssen allgemeine Spiel- und Werkangebote, Gesang, Vorlesen und Zeichnen das Kinderzimmer und den (vor-)schulischen Tag bestimmen. Die umgekehrte Ansicht, Kinder mittels frühester Digitalisierung vielleicht stark werden zu lassen, das ist hirnphysiologisch betrachtet reiner Unsinn und lässt Profilierungsabsichten vermuten.*

Kritische Phasen sind natürlich nicht nur auf die vor- und nachgeburtliche Hirnreifung beschränkt, sondern sie treten während der gesamten Kindheit und erneut besonders deutlich in der Pubertät auf, wenn Hormone mit morphogener Wirkung auch in den für die Kognition zuständigen höchsten Kortextfeldern ihre Mitsprache einfordern. Das heißt allerdings auch, dass eine globale „Neuverkabelung“, von der das Buch „Generation Angst“ spricht, nicht wirklich stattfindet, sondern auf individuellen Erfahrungen beruht, aus denen jedenfalls immer Vorgebautes mitgenommen wird. Vieles spricht dafür, dass die Generation Z bereits durch Handy, Fernsehen und andere technische Stressoren vorgeschädigt bzw. vulnerabilisiert war. Wahrscheinlich ist, dass ein großer Teil der nachkommenden Jugendlichen digital noch stärker vorgeschädigt sein wird.

*Es ist an der Zeit, die generell heute schwer vorbelastete Jugend durch komplettes Umgestalten von Schulunterricht aufzufangen, etwa durch praxisbezogene Ausbildungsprojekte, duales Schulsystem etc. Diesen Vorschlag beziehe ich aus den Erkenntnissen der Hirnforschung, weswegen das hier noch tiefer begründet werden soll.*

### 3. Raum-zeitlich organisierte senso-motorische Rindfelder sind die Voraussetzung für ein beständiges Ausreifen mentaler Fähigkeiten, und das kann auch digitalisierte Kinder zurückholen

Wie in jedem Ökosystem bestimmen Sukzessionen, Abfolgen von Entwicklungsstufen, den langsamen Weg zur Ausreifung höchster Hirnfunktionen. Am Anfang sind es senso-motorische Grundfunktionen, die das Fundament für den alles bestimmenden Raumbezug im Groß- und Kleinhirn anlegen und zu stärken beginnen. Körperliche Aktivitäten sind erforderlich, um das auf die drei Raumkoordinaten ausgerichtete Fundament auch wirklich funktionell auszubauen. Hauptzubringer sind der Gleichgewichtssinn im Innenohr und die Muskel- und Sehnenspindelein des gesamten Bewegungsapparates.

Deswegen ist das Kleinkind unersättlich bewegungshungrig, um Sinnes- und Wahrnehmungsfelder mit Aktivitäten aus der Horizontalen, Vertikalen und Sagittalen aufzurüsten. Diese Felder sind in der hinteren und mittleren Schädelkalotte gelegen. Das unermüdlich explorierende Krabbelkind demonstriert eins zu eins, was in seinem Gehirn gerade abläuft. Und die auf Baumstämmen balancierenden Kleinkinder, in die Bäume kletternden Jugendlichen und waghalsige Kapriolen schlagenden Skateboarder zeigen den über frühe Kindheitsjahre hinaus andauernden hohen Bedarf an räumlicher Sinneserfahrung an, der nunmehr vom reifenden assoziativen Parietalkortex eingefordert wird.

*Wir nennen es Spiel. Jegliches Spielen, Basteln, Werken, Singen und Sporteln verleiht den inneren Bedürfnissen unmittelbaren Ausdruck für das Reifen eines kognitiven Fundamentes. Jederzeit kann in den frühen Kinderjahren die enorm hohe Neuroplastizität des Großhirns genutzt werden, um Vorschäden zu glätten, ja zu reparieren.*

#### 3.1. Zurück zu handlungsorientiertem Unterricht

Wenn die Sinneswahrnehmung und -verarbeitung der Handlungsfähigkeit voraussetzt, ist das nicht nur ein frühkindliches Geschehen. Vielmehr bleibt der vom hinteren Hirnpol nach vorn fortschreitende Reifungsgradient bestimmend für den weiteren Ausbau jugendlichen Verhaltens. Auch für Teens ist es vorteilhaft, das Kleinhirn und den für Handlungskonzepte vorgesehenen motorischen Assoziationskortex durch das räumlich-spielerische Bauen und Basteln von rechtwinkligen Dreiecken und Oktaedern auf das Verstehen von Vektorrechnungen vorzubereiten. Das diesbezügliche pädagogische Konzept der 80er Jahre hieß „Handlungsorientierter Unterricht“. Er ist ganzkörperlich und enactiert die räumlich angelegten Module in assoziativen Feldern, um das abstrakte Denken anzuschieben. Während sich viele Generationen von Eltern und erfahrenen Lehrern bemüht haben, mit solchen Methoden den Jugendlichen auf die Sprünge zu helfen, wird diesem Erfahrungsschatz durch ChatGPT im Handumdrehen ein Strick draus gemacht. „Wozu französische Vokabeln lernen, wenn ich sie auf dem Smartphone jederzeit abrufen kann“? Das muss sich die Sprachlehrerin derzeit sagen lassen.

Wer hofft, durch Gewöhnung und Übung ließe es sich vereinbaren, diese digitale Krake in den jugendlichen Denkapparat zu integrieren, täuscht sich gewaltig. Denn dem steht das menschliche Stirnhirn im Weg, das in der Zeitskala reifender Hirnfelder ganz hinten steht und hohen persönlichen Krafteinsatz fordert. Seine natürliche jugendliche Schwäche veranlasst es, zu Bequemlichkeit und allen möglichen Auswegmanövern zu greifen, um ein anstrengendes Denken und die Gedächtnisbildung vor sich her zu schieben. Genau das haben die bereits stirnhirninfiltrierten narzisstischen Informatiker und geldgierigen IT-Konzerne begriffen.

#### 4. Wenn das Stirnhirn im gestressten Kind eine Notreifung erleidet und Erwachsene durch Arbeitsverdichtung gestresst werden

Über das *spielerische Lernen* in der Kindheit und *handlungsorientiertes Lernen* in der frühen Jugend wird der natürliche Reifungsgradient vom parietalen Kortex an das Frontalhirn herangeführt. Damit steuert das besagte Ökosystem auf eine gewisse Homöostase zu, was den Status des Erwachsenseins definiert. Wenn das Alter von 18/20 Jahren formal als solches angesagt ist, geschieht dies vor dem Hintergrund des dann einigermaßen herangereiften Stirnhirns (Präfrontalcortex) als der obersten Instanz zur Kontrolle über Ängste und Konflikte, Kontrolle über Sozialverhalten und das Arbeitsgedächtnis, die Exekutive. In dieser genannten Reihenfolge reifen die präfrontalen Teilfunktionen zwecks allgemeiner Impulskontrolle heran: Im basalen Stirnhirn reifen zwischen dem 4. bis 6. Lebensjahr die Angstkontrollfunktionen, zwischen dem 11. bis 14. Lebensjahr die Konfliktbewältigung und zwischen dem 14. bis 20. Lebensjahr die Exekutive.<sup>33</sup> Vor diesem Hintergrund versteht es sich, warum der Begriff „*Generation Angst*“ bereits aussagekräftig dafür ist, dass psychotisches Angstverhalten der heutigen Smartphone-Jugend längst ins kindliche Stirnhirn eingepflanzt wurde.

Entsprechende Reifungsstörungen schleichen sich bereits bei Preteens ein, wenn sie schon sehr viel mit privatem Handy unterwegs sind. Das hat uns eine vor Corona durchgeführte epidemiologische Pilotstudie gezeigt.<sup>14</sup> In dieser Studie hatten wir zwei spezifische Testverfahren für stirnhirnrelevantes Verhalten eingesetzt, einen altersgemäßen „Zeitverzögerungstest“ und einen „raumbezogenen“ Schreibtest (s. Abb. 5). Beide haben sich seit Jahrzehnten auch klinisch bewährt, um die psychische Verfassung von Patienten zu diagnostizieren.

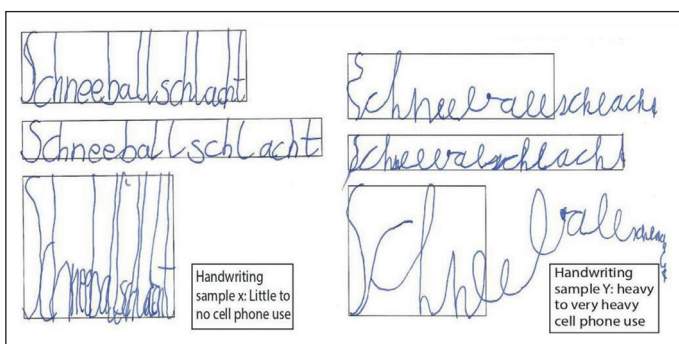


Abb. 5: Die Untersuchung von Supper/Teuchert-Noodt (2021, Anm. 14) zeigte, dass Kinder mit viel Handynutzung eine unterentwickelte Raum-Zeit-Verrechnung haben

Wenn junge Erwachsene heute immer schwerer in ein Arbeitsverhältnis integriert werden können, bahnt sich eine „*Generation Antriebschwacher*“ an. Sie befinden sich schlichtweg in einem

Zustand inneren Versagens, den eigenen Willen über das Stirnhirn zu aktivieren und antizipatorisches Denken anzustoßen (= Prokrastination). Unerklärlich ist dieses Phänomen längst nicht, wenn wir die Tatsache ins Auge fassen, dass es sich auch hierbei neurophysiologisch um Unterfunktionen von Teilen des Stirnhirns handelt, das vom Gebrauch des Smartphones als Lebenspartner abgelöst wurde.

Die Hirnforschung betont, dass auch und gerade die 16/18-jährige Schuljugend vor den Geräten geschützt werden sollte. Eigene Studien haben uns seinerzeit gezeigt, dass das präfrontale Auswachsen von Fasern in entfernte Assoziationsfelder erst in dieser Lebensphase Fahrt aufnimmt, und dass Stressoren dies erheblich behindern.<sup>34,35</sup> Sind Kinderhandys also bereits in der Lage, die Kleinen auf den Weg in eine Angstpsychose zu schicken? Eltern müssen aufgeklärt werden.

Zu einer *Notreifung* von Nervennetzen im Stirnhirn führt ein langer Weg durch die Kindheit, natürlich durch das kindliche Gehirn selbst. Ursächlich hat das mit einer Unterversorgung des Stirnhirns durch mangelhaftes Einreifen speziell der meso-präfrontalen Dopaminbahn zu tun. Unter erheblichem Stress kann diese Bahn mit Ursprung im Mittelhirn, von wo aus auch der Hippocampus mit Dopamin versorgt wird, nur mangelhaft in das basale Stirnhirn einreifen (Abb. 7).<sup>36-38</sup> Stattdessen verbraucht der stressbelastete Hippocampus das edle Wachstumshormon im Übermaß so weitgehend, das sich die Reserven im mesencephalen Dopaminern erschöpfen. Die Folge ist eine Unterversorgung des reifenden Stirnhirns mit Dopamin. Das mindert zugleich den so wichtigen Informationsfluss aus dem Hirnstamm. Man denke an eine 3-spurige Autobahn, von der eine, dann zwei Spuren gesperrt sind: ein Verkehrschaos kann gar nicht ausbleiben. An den lokalen Folgeschäden im Stirnhirn selbst sind ganze Neuronenfelder und mehrere Neurotransmitter beteiligt, die letztlich kein anderes Ziel haben als den Mangel einreifender Produkte durch lokale Netzverstärker zu kompensieren. Aber solches dekompensiert Teilfunktionen des Stirnhirns und kann im extremsten Fall – nach einer frühkindlichen Traumatisierung – in die Schizophrenie führen.<sup>34,38,39</sup> Ausführlicher wird das in zwei jüngsten Beiträgen referiert.<sup>12,14</sup>

Ein fortschreitend digitaler werdender Arbeitsplatz wird auch dem Arbeitnehmer fortschreitend den Zugang zu seinem Präfrontalkortex verweigern. Was Denkarbeit heißt, das soll man sich hier einmal konkret vor Augen führen: Das gesunde Stirnhirn arbeitet als eine Art Sammellinse für vorab in sensorisch- limbischen Hirnfeldern aufbereitete Inhalte und leitet die Daten über ausgereifte lange Leitungsbahnen zu diversen Rindenfeldern weiter. Die können Gedanken entwickeln und Gedächtnisspuren anlegen. Wie viele Ereignisse jeweils von den diversen Feldern angenommen werden, das bestimmt ein endogener Taktgeber über eine 40 Hz Frequenz sowie der vom Stirnhirn selbst vorgegebene zeitliche Oszillator. Im Unterschied zu der schnellen zeitlichen Taktung der im Hippocampus anstehenden Informationen (s. u.), werden präfrontale Reizfolgen in Anwesenheiten von mehreren Sekunden Dauer zerlegt.<sup>40</sup> Das gibt Zeit, sie mit aktuellen Gegebenheiten zu vergleichen und mental zu bewerten.

Über das zeitliche Profil kann eine bewusste Entscheidung getroffen und eine Gedächtnisspur angebahnt werden. Jede Neubewertung greift auf gespeicherte Inhalte zurück und erzeugt

ein Bewussthaben, das für lange Momente festgehalten und in ein Nachdenken, Entscheiden und Handeln umgesetzt wird. Konzentriert nachdenken heißt, diesen Vorgang bewusst gestalten, und das benötigt eben reale Zeit. Überzeugende Beispiele für ein flüchtiges und fehlerhaftes gegenüber einem langsamen und fehlerfreien Nachdenken können an anschaulichen Fallbeispielen im Buch von Kahneman nachvollzogen werden.<sup>41</sup>

*Die enorm hohe und immer weiter wachsende digitale Arbeitsverdichtung wirkt auf anspruchsvolle geistige Tätigkeiten wie eine Dunstwolke, die sich lähmend über die Arbeitnehmerschaft ausbreitet. Aspekte der Informationen bleiben wie runter geschluckte Esshappen unverdaut im Gestrüpp von Nervennetzen hängen, führen zu Fehlentscheidungen, lähmen Arbeits- und Lebensqualität und führen in den Burnout, dem ein physiologisches Stirnhirnversagen zu Grunde liegt.*

#### 4.1. Auch die Fossilgeschichte hinterlegt aktuelle Erkenntnisse aus der Hirnforschung

An dieser Stelle sei ein Phänomen aus fossilem Fundmaterial von Primaten aufgegriffen, das veranschaulicht, warum die Menschheit zurzeit mit dem präfrontalen Kortex ihr höchstes Erbgut aufs Spiel setzt. Ausgüsse von fossilen Schädelkalotten enthalten jeweils auch die Imprägnationen der über die Oberfläche in die Hirnwindungen einreifenden Blutgefäße. Damit wurde es Paläontologen möglich, an fossilen Ausgüssen phylogenetische Stammesreihen zu entschlüsseln, denn der jeweilig erreichte Durchblutungsstand gibt im Stammbaum der Primaten Auskunft über den hierarchischen Status.<sup>42</sup>

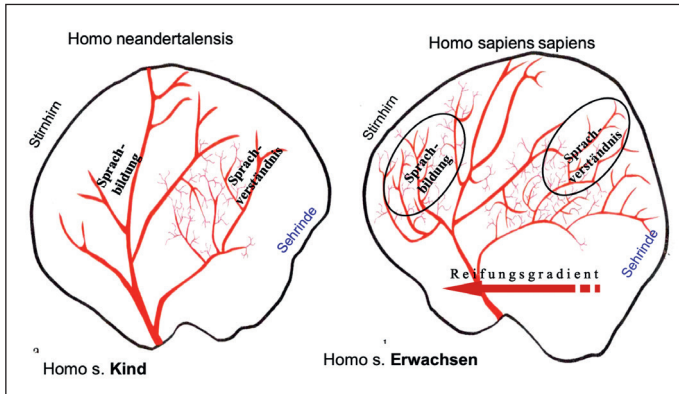


Abb. 6: Nachbildung der Schädelinnenwand vom Neandertaler und Homo sapiens sapiens: Die Blutversorgung des Gehirns entspricht im Schädel des Neandertalers in etwa der eines Kleinkindes; feine Gefäßverästelungen befinden sich im occipitalen Lappen des Sprachverständnisses, aber sie fehlen im parietalen Lappen der motorischen Sprachbildung. Dies entspricht dem Entwicklungszustand eines Homo sapiens Kindes im Alter von etwa 3 Jahren.

Beim Neandertaler hat die Ausreifung der Hirnblutgefäße in etwa die Ausprägung erreicht, die sie bei Homo sapiens im frühen Jungendalter einnimmt; sie war nur knapp in prämotorischen Rindenfeldern angekommen, und progressive Anteile der Gefäßverläufe haben das Stirnhirn noch knapper erreicht, um im Ansatz auch bei ihnen eine Chefetage anzulegen. Auch fliehendes Stirnhirn und fliehendes Kinn eines neandertaloiden Gesichtsschädels liefern weitere Indizien dafür, dass unser Vetter mit einem erst wenig ausgeprägten Stirnhirn noch nicht in dem Maß wie Homo sapiens sapiens – in historischen Kategorien – hat denken können, und mit dem bislang nicht vollständig abgesenkten Kehlkopf noch nicht wirklich artikuliert hat sprechen können.

*Wenn unsere digital aufwachsenden Kinder die prämotorisch re-präsentierten Grundfertigkeiten wie das Lesen, Schreiben etc. unterentwickelt anlegen, laufen sie Gefahr, auch die Blutversorgung und Ausreifung ihres Stirnhirns epigenetisch auszubremsen. Die Auswirkungen auf ihre Intelligenzentwicklung und ihr Sozialverhalten bekommen wir längst zu spüren. Um dieser unsere Gesellschaft zersetzenden Entwicklung ein Ende zu setzen, müssen wir in Schule und Familie den Einsatz von elektronischen Geräten konsequent rückgängig machen. Handy- und Tabletverbote würden zum Rettungsanker für das Überleben unserer Gesellschaft. Auch dieser Anker verbirgt sich im Gehirn und erschließt sich über spezielle Eigenschaften des limbischen Hippocampus.*

#### 5. Der limbische Hippocampus – Sekretär für das Stirnhirn

Welche Chefetage hat nicht auch einen Sekretär? Diese Funktion obliegt dem Hippocampus, der im Gehirn mittig positioniert ist und seine Türen für alle Sinne geöffnet hat, die ihm beständig aus sensorischen Rindenfeldern und aus dem Hirnstamm zugeführt werden. Er tut, was jeder Sekretär tut, er überprüft sämtliche Eingänge bereits an der rhinalen Eintrittspforte auf ihren Gehalt und speichert sie in neuronale Grids ein, die ein raumbezogenes Gedächtnis anlegen, wie erst jüngst erforscht und wegen seiner hohen Bedeutung mit einem Nobelpreis gewürdigt wurde (Nobelpreisträger John O'Keefe and Mosers 2014). Deswegen können wir uns aus der Erinnerung heraus jederzeit räumlich zurechtfinden, unsere eingeübten Hände blind über die in den Grids verankerte Tastatur des Computers gleiten lassen und mit eben dieser Höchstgeschwindigkeit auch über die Autobahn rasen. Und der Sekretär schafft alles das in einem 30 – 40 Millisekunden Takt.<sup>40</sup> Ein Oszillator steuert beständige Theta-Aktivität (4 – 8 Hz) bei. Zunächst in der übersichtlich geordneten hippocampalen Rinde zwischengelagert, werden die Informationen dann an Stirnhirn und kortikale Felder zur Langzeitspeicherung weitergereicht.

*Wir können allein hieraus ableiten, welchen Dauerschaden die räumliche Organisation des Sekretärs davonträgt, wenn das Kleinkind über das Tablet wischt anstatt mit Bauklötzchen zu spielen.*

Im Hippocampus verbergen sich noch weitere Teilfunktionen, die unsere Befindlichkeiten im Unbewussten steuern. Er kooperiert mit thalamisch eingespielten Reflexen und betreibt darüber eine Art Skinner-Box-Lernen, also eine klassische Konditionierung. Der beschleunigt über die Mattscheibe wischende Daumen macht aus dem hippocampalen Schaltkreis einen Turbator. Deswegen sind auch im Berufsleben einer allgegenwärtigen Arbeitsverdichtung keine Grenzen gesetzt, und Schreibtischtüter werden zu subkortikalen Arbeitsmaschinen.

*Wer kann bei all dem ernsthaft hoffen, die Kinder könnten mit einem Tablet vernünftig umzugehen lernen so lange der gesunde Gegenspieler, das Stirnhirn, noch in den Windeln liegt? Selbst der Erwachsene tut sich äußerst schwer damit, das Stirnhirn einzuschalten, wenn es mit Hilfe elektronischer Hausbediensteter auch ohne geht. Eine digitale Sucht ist bei Handy- und Tablet-Schulkindern vorprogrammiert. Weil damit auch die allgegenwärtig notwendige Raumverrechnung nicht zur Genüge heranreifen kann, hat das schwerste Folgen für die gesamte Kindes- und Jugendentwicklung.*



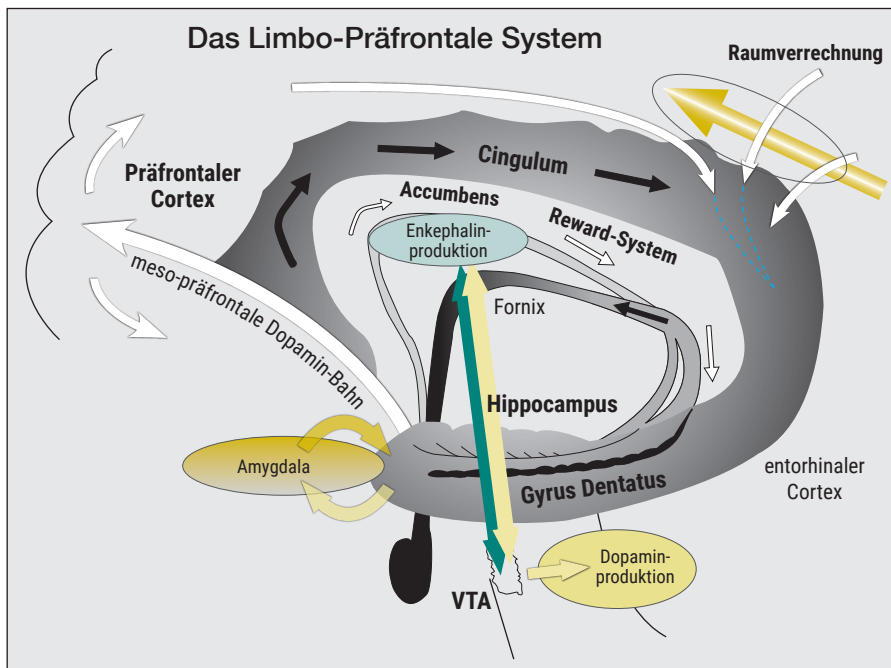


Abb. 7: Das Limbo-Präfrontale System steht mit seinen zu- und ableitenden Verbindungen (durch Pfeile markiert) zwischen Hippocampus und Stirnhirn im Zentrum von kognitiven Hirnfunktionen: Der amygdalo-hippocampale Bypass (AM: gelb) und der mesencephal-accumbale Bypass (VTA; grün) unterstützen den hippocampalen Schaltapparat in seinen vielseitigen Funktionen (z. B. als Reward-System) und bilden die Grundlage für eine Suchterkrankung.

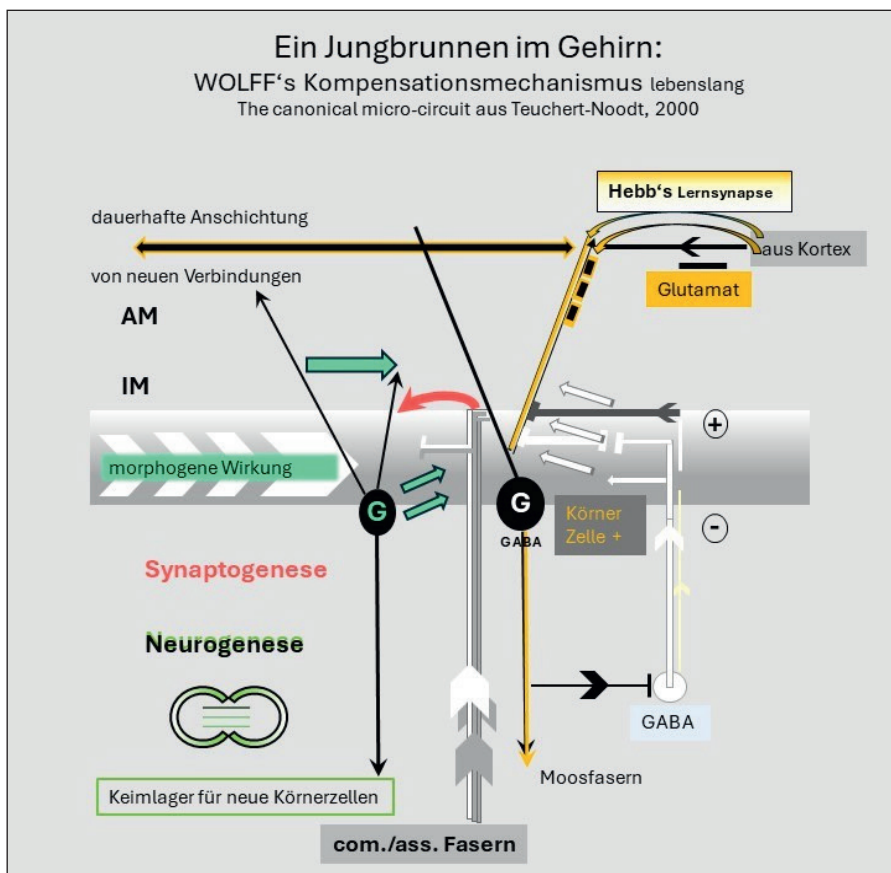


Abb. 8: Neurogenese und Synaptogenese im Gyrus Dentatus, dargestellt an einem kanonischen Schaltkreis. Gemäß der Wolffschen Kompensationstheorie werden nachreifende Körnerzellen mit morphogener Wirkung ihrer Rezeptoren (grüne Pfeile) in den bestehenden Schaltapparat integriert; die synaptische Degradation und Rekombination (roter Pfeil) beschränkt sich auf die innere Molekularschicht (IM), während es in der äußeren Molekularschicht (AM) zu beständiger Anschichtung neuer Konnektivitäten kommt. Über die Hebb'sche Lernsynapse wird das von außerhalb anstehende Erregungspotential bestimmt, was sich unmittelbar auf die Dynamik von Neuro- und Synaptogenese auswirkt.

### 5.1. Die digitale Suchtgefahr

Mit alledem nicht genug: Zwei Helfershelfer unterstützen diesen hippocampalen Turbator als neuronale Bypässe (s. Abb. 7), und damit fängt auch TikTok schon die Kleinsten als Konsumenten ein. Einer der Helfer verbindet den Hippocampus mit Amygdala und Thalamus (gelb) und lässt Emotionen und gleichwohl Likes zufließen. Der zweite verbindet als „Reward-System“ den Hippocampus mit einer Hin- und Rückschaltung zwischen mesencephalem Dopamin und accumbalem Enkephalin (grün). Seine Selbstverstärkung wurde in den 80er Jahren über die pathologische Verdichtung von Opioid-Rezeptoren nach Drogenkonsum handfest dokumentiert. Dass durch Stressoren im Kindesalter zusätzlich auch die dopaminerge Innervationsdichte pathologisch überhöht reift, konnten wir in unserem Bielefelder Labor dokumentieren.<sup>38</sup> Das heißt, dieser neuronale Bypass ist sowohl gegenüber stofflichen als auch nicht-stofflichen Drogen äußerst anfällig und verankert die im Suchtverhalten überhöhten Anforderungen in den Schaltungen des besagten Turbators.

Wenn seinerzeit für das Reward-System auch der saloppe Begriff des „Belohnungssystems“ in Gebrauch kam, hat das mit derjenigen Selbstbelohnung zu tun, die vorrangig ein evolutiv überlebenswichtiges Verhalten beschreibt. Ab der Geburt ist es gereift, um eine Eltern-Kind Bindung zu festigen. Und, welcher Mensch unterliegt dieser Lebenspendenden Selbstbelohnung nicht über die ganze Kindheit hin in seinem Spielverhalten? Den Ball ewig auf das Pflaster zu titschen, den Kreisel fortwährend mit der Peitsche anzutreiben und sich am Rundkarussell durch die Lüfte zu schleudern, das fordert alle Sinne und diese beiden Bypässe heraus. Eine Sucht? Ja natürlich, und sie führt das Kind von einem zum nächsten Schwierigkeitsgrad. Irgendwann wird es langweilig und das ist der Augenblick, in dem sich das Stirnhirn einschaltet, weil es, durch die unermüdlichen Spielaktivitäten gereift, neue Horizonte erobern will.

*Aber das Spielen am Handy ist für das Kind kein wirkliches Spielen. Denn die realen limbisch verankerten raum-zeitlichen Ansprüche fehlen. Alle oben dargestellten Aspekte der senso-motorischen Reifungsförderung können nicht zum Zuge kommen, weil die natürlichen kindlichen Hyper-Aktivitäten in den besagten Eigenschaften der beiden Bypässe hängen bleiben und das Stirnhirn nicht erreichen können, um es zur Weiterreife zu aktivieren.*

## 5.2. „Ein Jungbrunnen im Gehirn“ sorgt für systemische Neuroplastizität

Mit diesem Covertitel brachte der SPIEGEL 2000 die Botschaft an die Öffentlichkeit, dass sich in einer bestimmten hippocampalen Region, dem *Gyrus Dentatus* (s. Abb. 7), lebenslang junge Nervenzellen aus einem embryonalen Keimlager nachbilden. Das sollte Hilfe für Parkinson-, Demenz- und psychisch Erkrankte bringen. Dieses Versprechen hatte sich allerdings nicht erfüllt, weil technisch implantierte embryonale Neurone systemisch eingebunden werden und dann natürlich nicht so mitspielten wie man sich das vorgestellt hatte. Auf die damaligen chirurgischen Fehlschläge bei Patienten sollte sich der Neuralink-Implantator heutzutage mal besinnen, um seinen Versuchspersonen unsägliches Leid zu ersparen.

Der Dentatus ist für sämtliche oben geschilderten Teilfunktionen des hippocampalen Sekretärs ein Verwalter von lebenslang anhaltender Neuroplastizität. Das ist ein letzter Brocken, der den geduldrigen Lesern zugemutet werden soll. Und der verspricht sogar Rettung von einer digitalen Medienabhängigkeit. Es erfordert allerdings hohen Kräfteinsatz und die Absage an jene Verführer.

In der Rinde des Dentatus verbirgt sich ein embryonales Keimlager (s. Abb. 8), aus dem lebenslang junge Neurone nachreifen und sich in die lokalen Nervenetze einschleusen, um für eine lokale Reorganisation zu sorgen.<sup>43</sup> Wie klug: Hier bringt sich für unser ganzes Leben die Wolffsche Kompensationstheorie ein. Wie die Spinne im Netz hat sich dieser Verwalter von Neuroplastizität das Zentrum allen Geschehens vorbehalten, um von hier aus mit ausstrahlender hippocampaler Kraft, auch dem ausgereiften Kortex *systemische Neuroplastizität* zu vermitteln.<sup>44</sup> Sie war und bleibt es, die alles Verhalten sinnbezogen an die Umwelt anzupassen trachtet. Ein Garant für unsere lebenslange Neugierde, Wachheit und Lernfähigkeit. Selbst für 80-jährige Verstorbene konnte der Nachweis einer gebliebenen Neurogenese erbracht werden.

Wir fanden seinerzeit heraus, dass ein stressfreies Umfeld zu einer höheren synaptischen Plastizität beiträgt (= Synaptogenese) als ein stressbelastetes, und zeitgleich eine moderate Neurogenese die synaptische Plastizität effektiver zur Wirkung bringt als eine überhohe.<sup>45</sup> Der Einsatz diverser Psychopharmaka konnte weltweit zeigen, dass die Hebbsche Lernsynapse am Eingang in den Dentatus wie ein Seismograph nach oben bzw. unten ausschlägt, je nachdem ob der glutamaterge NMDA-Rezeptor agonisiert oder antagonisiert wird. Ein weites Feld, das hier nicht näher erörtert werden kann. Aber der Hinweis sei erlaubt, dass Psychopharmaka auch hier eingreifen, die Neuro- und Synaptogenese erheblich beeinflussen und Verschlackungen auslösen können. Deswegen sind die Gefahren von erheblichen Nebenwirkungen unüberschaubar groß.<sup>46</sup>

## 5.3. Auswege aus der Sucht und Hoffnung auf Schadensminderung bei digital Abhängigen

Eine Schlussfolgerung der Ausführungen zur lebenslangen Neuroplastizität im hippocampalen System ist, dass wir den „Jungbrunnen“ regelmäßig aus natürlichen Aktivitäten bespeisen sollten, um seine plastischen Potenzen optimal zu nutzen. Denn nur sie liefern auch an, was besagter Seismograph (das NMDA-Rezeptorsystem) benötigt, nämlich rhythmische Aktivitäten und natürliche raum-zeitliche Erfahrungen.

*Es gibt deswegen ein für alle Altersgruppen passendes Therapieprogramm: Wandern, Rollern und Radfahren. Die mit dem Erlernen und Ausüben des Radfahrens verbundenen Aufgaben (Bewegungs-, Balance-, Aufmerksamkeits- und Koordinationsaufgaben) sind ausschlaggebend dafür, im Gehirn alle drei Dimensionen unseres Planeten in Raum und Zeit organisieren und trainieren zu können. Dazu könnte der Sportpädagoge Christian Burmeister viel weiteres erklären, der zurzeit nicht nur die Schulen Hamburgs mit entsprechenden Kursen flächendeckend beglückt. Eine Lehrerinitiative, die Nachahmer benötigt.*

„Der Mensch ist nur da Mensch, wo er spielt“. Dieses Friedrich Schiller-Zitat hat bis auf den heutigen Tag seine Aktualität bewahrt. Zunehmend machen Reha-Einrichtungen die Erfahrung, dass neurodegenerativ erkrankten Patienten sehr viel geholfen wird, wenn sie viel Spielen, Tanzen, Musizieren und Singen. Sie können hierüber die Erkrankung hinauszögern, mindern und erträglicher machen. Auch im Drogenentzug hilft es enorm, wenn die Patienten auf sportliche, handwerkliche, Gartenbau gestaltende und andere Betätigungen in der Natur eingestellt werden. In der Sonderschulpädagogik gehört es zum alltäglichen Unterricht, Behinderungen speziell durch den Einsatz von eben solchen praktischen pädagogischen Maßnahmen zu fördern.

*Alle diese Erfahrungen gelten natürlich auch für einen digitalen Drogenentzug, um vorgeschädigten Kindern und Jugendlichen aus der Falle zu helfen. Immer bleibt es dabei erforderlich, auf digitale Geräte jedenfalls im privaten Umgang möglichst ganz zu verzichten, um Nervenetze ebenso wie Bewegungsmuskeln sportlich aufzutrainieren.*

Zweck dieses Beitrages zur zellulären, reaktiven und systemischen Neuroplastizität im Gehirn des Menschen war es in erster Linie, die uns als Individuen und als Gesellschaft bedrohenden aktuellen Gefahren der elektronischen Technik aufzuzeigen, denen speziell die junge „*Generation Angst*“ zurzeit ausgeliefert ist. Gleichwohl wurde der Zweck verfolgt, eine Sensibilität dafür zu wecken, wie digitale Hirnschäden vermieden aber auch wieder repariert werden können.

## 6. Was lernen wir aus der Hirnforschung für den Alltag?

Aus den in diesem Artikel vorgestellten Prinzipien von Hirnfunktionen zur aktivitätsgesteuerten Anpassung von Nervenetzen und Funktionssystemen während der Reifung des kindlichen Gehirns leiten sich Konsequenzen für die Erziehung im Kindesalter ab. Aus unserer Darstellung wurde klar: Alle diese Schritte zu einer gesunden Hirnreifung werden durch digitale Medien blockiert. Die digitale Beschleunigung von Raum, Zeit und Information, die Reduktion des Bewegungsdranges auf Daddeln und Wischen, sie nehmen Kindern die Chance, „ihr Gehirn zu verdrahten“ (Haidt). Vor dem Hintergrund von aktuellen Erkenntnissen aus der Hirnforschung gewinnen folgende Regeln eine allgemeine Verbindlichkeit:

- (1) Es gilt, das werdende Leben und das Kleinkind vor Stressoren jeglicher Art zu beschützen, denn vorgeburtlich reifen über den Hirnstamm endogene Rhythmen und Primärreflexe heran, die gemeinsam den Boden für aufbauende Funktionen wie Schlaf-Wachaktivitäten und die Ablösung der Reflexe durch komplexere Bewegungsmuster bereiten.

- (2) Es gilt, die Sozialisation im Eltern-Kind-Interaktionsfeld einzuüben, denn frühkindlich reifen erste Aspekte für eine motivationale und soziale Grunddisposition über die aus dem Hirnstamm in das Stirnhirn aufsteigenden aminergen Transmitterbahnen (speziell die Dopaminbahn).
- (3) Es gilt, den kindlichen Bewegungsdrang zuzulassen und zu fördern, jedoch unter keinen Umständen einzuschränken und durch Fernseher, Computer und Smartphones zu unterdrücken. Denn frühkindliche Muster der Bewegungskoordination gewinnen Anschluss an die Raumverrechnung durch das Reifen von ganz selektiven kortikalen Schaltkreisen.
- (4) Es gilt, Emotionalität und allgemeine Neugierde zu fördern, denn frühkindlich stehen limbische Schaltkreise unter einer hohen dynamischen Reifung und Bildung von zeitlebens tragenden Schaltkreisen, welche die Grunddisposition für die spätere allgemeine Stimmungslage festlegen.
- (5) Es gilt, seine Phantasie individuell zu fördern, denn frühkindlich werden Bahnungen von solchen kortikalen Schaltkreisen eingeleitet, aus denen komplexere hervorgehen, die das Denken und die Gedächtnisbildung veranlassen.
- (6) Es gilt, das Kind vor Reizüberflutungen sowie Überforderungen zu bewahren, denn die verschiedenen Aspekte von Bewegung, Emotion und Kognition reifen in zeitlich und räumlich zugeordneten Sequenzen. Das Kind signalisiert dies jeweils im Rahmen von selektiver Aufmerksamkeit.
- (7) Es gilt Konfliktbewältigung, Toleranz und ethische Grundprinzipien einzuüben, denn auch diese Fähigkeiten sind nicht angeboren, sondern müssen erlernt werden. Vor dem Hintergrund einer fortschreitenden Ausreifung von Nervenzellen und Funktionsmodulen im Kortex nehmen jegliche Umweltreize Einfluss auf deren Gestaltung und Kopplung an die Funktionen während der Ausbildung einer individuellen Persönlichkeit.

**Autoren:**

Prof. Dr. Gertraud Teuchert-Noodt i.R.  
ehem. Leiterin des Bereichs Neuroanatomie und Humanbiologie  
an der Universität Bielefeld  
Bündnis für humane Bildung, Teil II

Peter Hensinger M.A.  
Vorstand diagnose:funk  
Bündnis für humane Bildung  
Teil I und Gesamtbearbeitung

Korrespondenzadresse: sekretariat@diagnose-funk.de

**Quellen**

- 1 Haidt J (2024): Um das Jahr 2012 stürzte die geistige Gesundheit junger Menschen eine Klippe hinunter, Interview in der NZZ, [www.diagnose-funk.org/2075](http://www.diagnose-funk.org/2075)
- 2 Teuchert-Noodt G (2018): Cyber-Attacke auf das Gehirn des Kindes. In DHZ PRAXIS – Dt, Heilpraktiker Zeitschr, 8: 28-32
- 3 Förtschler A (2018): Das ‚Who is who?‘ der deutschen Bildungs-Digitalisierungsagenda – eine kritische Politiknetzwerk-Analyse. Pädagogische Korrespondenz 58(2), S. 31-52
- 4 „Digitale Bildung“ ist per se schon ein falscher Begriff, denn Bildung kann nur analog sein, weil unser Gehirn keine Festplatte ist. Der Begriff ist auch ein Euphemismus für den Absatz von Geräten, das Generieren von Daten und geplanter algorithmischer Steuerung des Lernens.
- 5 Bündnis für humane Bildung, Homepage: [www.aufwach-s-en.de](http://www.aufwach-s-en.de)
- 6 Landesmedienzentrum Baden-Württemberg (2012): Der Spitzer geht um, o.D.
- 7 Spitzer M (2022): Digitalisierung in Kindergarten und Grundschule schadet der Entwicklung, Gesundheit und Bildung von Kindern. Kommentar zum Gutachten der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der KMK vom 19.9.2022; Nervenheilkunde 2022; 41: 797–808. Ders. Zehn Jahre Digitale Demenz. Vom Shitstorm zum Mainstream, Nervenheilkunde 2022; 41: 733–743
- 8 „Leitlinie zur Prävention dysregulierten Bildschirmmediengebrauchs in Kindheit und Jugend“ (2023), Hrsg: Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin e.V. (DGKJ) u. a., [www.awmf.org/service/awmf-aktuell/praevention-dysregulierten-bildschirmmediengebrauchs-in-kindheit-und-jugend](http://www.awmf.org/service/awmf-aktuell/praevention-dysregulierten-bildschirmmediengebrauchs-in-kindheit-und-jugend); [www.diagnose-funk.org/2005](http://www.diagnose-funk.org/2005)
- 9 Möller Ch, Fischer, FM (2023): Internet- und Computersucht. Ein Paxishandbuch für Therapeuten, Pädagogen und Eltern, 3. Auflage, Kohlhammer Stuttgart
- 10 DAK-Studie (2023): <https://www.dak.de/dak/bundesthemen/dak-studie-in-pandemie-hat-sich-mediensucht-verdoppelt-2612364.html#/>; <https://kurzlinks.de/b1e9>
- KKH (2022). Vor allem ältere Kinder haben häufiger Sprachdefizite/Corona schuld? Hannover, 22.09.2022, <https://www.kkh.de/presse/pressemitteilungen/sprachdefizite>
- KKH (2020). Sprach- und Sprechstörungen bei Jungen häufiger – Erhöht Corona-Krise das Risiko? <https://www.kkh.de/presse/pressemitteilungen/immer-mehr-kindern-fehlen-die-worte>
- 11 ARTE-Doku vom 3.6.2023: Die Dopamin-Falle: Der Botenstoff und die sozialen Medien, inzwischen nicht mehr in der Mediathek.
- 12 Teuchert-Noodt G (2023): An den Grundfesten der Gehirnentwicklung im Kindes- und Jugendalter kann man nicht rütteln, in: Möller/Fischer (2023): Internet- und Computersucht. Ein Paxishandbuch für Therapeuten, Pädagogen und Eltern, 3. Auflage, Kohlhammer Stuttgart
- 13 DAK- Studie (2023): In Pandemie hat sich Mediensucht verdoppelt. <https://www.dak.de/dak/bundesthemen/dak-studie-in-pandemie-hat-sich-mediensucht-verdoppelt-2612364.html#/>, <https://kurzlinks.de/b1e9>
- 14 Supper A, Teuchert-Noodt G (2021): „How learning doesn't work“ Children evaluate their cell phone use – An empirical pilot study, Neurol Neurosci. (2021) Vol 2, Issue 2. Weitere Arbeiten von Prof. G. Teuchert-Noodt: <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/Gertraud-Teuchert-Noodt-34091346>

- 15 Zierer K (2021): Zwischen Dichtung und Wahrheit: Möglichkeiten und Grenzen von digitalen Medien im Bildungssystem, Pädagogische Rundschau, 75. Jg, S.377-392, Download: [www.diagnose-funk.org/2001](http://www.diagnose-funk.org/2001)
- 16 Appell der 40 Experten auf: [www.diagnose-funk.org/2029](http://www.diagnose-funk.org/2029)
- 17 Digitalisierungsstopp in Dänemark, siehe dazu: [www.diagnose-funk.org/2052](http://www.diagnose-funk.org/2052)
- 18 Dokumentation der Karolinska - Stellungnahme auf: [www.diagnose-funk.org/1991](http://www.diagnose-funk.org/1991)
- 19 Maßnahmen europäischer Länder [www.diagnose-funk.org/1991](http://www.diagnose-funk.org/1991); China auf: [www.diagnose-funk.org/1684](http://www.diagnose-funk.org/1684)
- 20 U.S. Surgeon General (2023): Social Media and Youth Mental Health; <https://surgeongeneral.gov/ymh-social-media>; dt.: Soziale Medien und psychische Gesundheit von Jugendlichen, <https://die-paedagogische-wende.de/soziale-medien-und-psychische-gesundheit-von-jugendlichen/>; <https://kurzlinks.de/9w9s>
- 21 Dokumentation UNESCO-Bericht: [www.diagnose-funk.org/1998](http://www.diagnose-funk.org/1998)
- 22 Rohen JW (2001): Funktionelle Neuroanatomie. Schattauer GmbH
- 23 Kolb B, Wishaw JQ (1996): Neuropsychologie. Spektrum
- 24 Duus P (2007): Neurologisch-topische Diagnostik – Anatomie, Histologie, Klinik. Thieme Verl.
- 25 Maturana HR, Varela FJ (1987): Der Baum der Erkenntnis – Die biologischen Wurzeln menschlichen Erkennens. Fischer
- 26 Supper A, Teuchert-Noodt G (2009): Mütterliches Verhalten während der Schwangerschaft hat Auswirkungen auf die kognitive Entwicklung des Kindes und auf die Ausbildung von Lernstörungen. Z Psychiatrie, Psychopath ZPPM 8 (3): 77-9
- 27 Hebb D (1949): The Organization of Behavior: A Neuropsychological Approach. Wiley, New York
- 28 Wolff JR, Wagner GP (1983): Selforganization in synaptogenesis: interaction between the formation of excitatory and inhibitory synapses. In: Synergetics of the brain (Basar E, Flohr H, Haken H, Mandell AJ, eds) Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer: 50-59
- 29 Kandel EE, Schwartz JJ, Jessell, Thomas M (1995): Neurowissenschaften - Eine Einführung. Heidelberg, Spektrum, pp 786
- 30 s. Anm. 10
- 31 Gill D, Sullivan T (1987): Wenn ihr sehen könntet was ich höre. Ein Blinder besiegt sein Schicksal. Rowohlt Taschenbuch ISBN 349914 x
- 32 Keller H (1997): Eine evolutionsbiologische Betrachtung der menschlichen Frühentwicklung. Zeitschr. Päd. 43, (1), S 113-128
- 33 Förstl H (2002): Frontalhirn. Funktionen und Erkrankungen. Springer Verl., pp 371
- 34 Bagorda F, Teuchert-Noodt G, Lehmann K (2006). Isolation rearing or methamphetamine traumatization induce a „dysconnection“ of prefrontal efferents in gerbils: implications for schizophrenia. J Neural Transm 113 (3): 365-379
- 35 Witte AV, Bagorda F, Teuchert-Noodt G, Lehmann K (2007): Contralateral prefrontal projections mature abnormally after early methamphetamine trauma and isolated rearing of gerbils. J Neural Transm. 114 (2), 285-288
- 36 Dawirs RR, Teuchert-Noodt G, Czaniera R (1996): Ontogeny of PFC-related behaviours is sensitive to a single non-invasive dose of methamphetamine in neonatal gerbils. J Neural Transm 103: 1235-1245
- 37 Winterfeld KT, Teuchert-Noodt G, Dawirs RR (1998): Social environment alters both ontogeny of dopamine innervation of the medial prefrontal cortex and maturation of working memory in gerbils. J Neurosci Res 52: 201-209
- 38 Busche A, Polascheck D, Lesting J, Neddens J, Teuchert-Noodt G (2004). Developmentally induced imbalance of dopaminergic fibre densities in limbic brain regions of gerbils (Meriones ung.). J Neural Transm 111 (4), Springer Verl: 451-463.
- 39 Dawirs RR, Teuchert-Noodt G (2001): A novel pharmacological concept in an animal model of psychosis. Acta Psychiatr. Scand. 104 (Supp 408): 10-17
- 40 Pöppel, E. (2000): Grenzen des Bewusstseins. Wie kommen wir zur Zeit, und wie entsteht Wirklichkeit? Insel Taschenbuch
- 41 Kahneman, D. (2012): Schnelles Denken, langsames Denken. Wie wir Entscheidungen treffen. Siedler Verl.
- 42 Knußman R (1996): Vergleichende Biologie des Menschen. Gustav Fischer Verl.
- 43 Teuchert-Noodt G (2000): Neuronal degeneration and reorganization: A mutual principle in pathological and in healthy interactions of limbic and prefrontal circuits. Rev J Neural Transm Suppl: 315-333.
- 44 Neufeld J, Teuchert-Noodt G, Grafen K, Winter Y, Witte AV (2009): Synapse plasticity in motor, sensory, and limbic-prefrontal cortex areas as measured by degrading axon terminals in an environment model of gerbils. Neural Plast: 281561
- 45 Keller A, Bagorda F, Hildebrandt, K, Teuchert-Noodt G (2000): Effects of enriched and of restricted rearing on both neurogenesis and synaptogenesis in the hippocampal dentate gyrus of adult gerbils (Meriones ung.) Neurology Psychiatry and Brain Res. 8.101-107.
- 46 Schaefer AT, Teuchert-Noodt G (2016): Developmental neuroplasticity and the origin of neurodegenerative diseases. World J Biol Psychiatry, 2016; 17(8): 587-59