



ANTON BRUCKNER  
PRIVATUNIVERSITÄT  
OBERÖSTERREICH

Luisa Demmel

Matrikelnummer: 62000535

## **Neuromythen**

Chancen und Grenzen neurowissenschaftlicher Erkenntnisse für die  
Musikpädagogik

Masterarbeit

PMA

zur Erlangung des akademischen Grades

## **Master of Arts**

des Studiums „Instrumentalpädagogik Violine“

Studienkennzahl: RA 066 745 716

an der

**Anton Bruckner Privatuniversität**

Betreut durch: Univ.-Doz. MMag. Dr. Rainer Holzinger

Zweitleser: Mag. Christian Frauscher, BSc. MSc.

Salzburg, 6. Nov 2023

## Abstract

Seit den 1990er Jahren hat die Popularität der Neurowissenschaften stark zugenommen. Insbesondere die Weiterentwicklung nicht-invasiver bildgebender Verfahren, wie der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT), weckten große Hoffnungen in Bezug auf die Heilung neurodegenerativer Krankheiten und einem tieferen Verständnis von Lehr-Lernprozessen. Heute, zwanzig Jahre später, müssen sich Hirnforscher\*innen eingestehen, dass sie damals wohl zu optimistisch waren. Neuroskeptiker\*innen sehen eine bedenkliche Diskrepanz zwischen dem guten Ruf der Hirnforschung und der Belastbarkeit ihrer Daten. Diese Arbeit geht der Frage nach der praktischen Bedeutung neurowissenschaftlicher Erkenntnisse für die Musikpädagogik nach.

Gleichzeitig ging die Popularisierung der Hirnforschung mit der Entstehung und Verbreitung von Neuromythen einher, falschen Annahmen über die Funktionsweise des Gehirns. Gängige Neuromythen, die auch das Lernen betreffen, sind zum Beispiel die Lerntypentheorie oder die Annahme, Menschen würden nur zehn Prozent ihres Gehirns nutzen. Im zweiten Teil der Arbeit wird die Prävalenz von Neuromythen, ausgewählte Neuromythen und Ansätze zur Prävention thematisiert. Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, Leser\*innen zu einer kritischeren Haltung zu ermutigen und ein breiteres Bewusstsein für Neuromythen in der Musikpädagogik zu schaffen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Chancen und Grenzen der Neurowissenschaften.....</b>	<b>5</b>
2.1	Die Erfolgsgeschichte der Neurowissenschaften .....	5
2.2	Erkenntnisse der Hirnforschung in Bezug auf Lernen .....	9
2.2.1	<i>Überblick über den Aufbau des Gehirns.....</i>	<i>12</i>
2.2.2	<i>Gehirnreifungsprozesse im Kindes- und Jugendalter.....</i>	<i>16</i>
2.2.3	<i>Neuronale Plastizität.....</i>	<i>19</i>
2.3	Neurowissenschaften in der Kritik .....	21
2.3.1	<i>Korrelation und Kausalität.....</i>	<i>22</i>
2.3.2	<i>Validität und Generalisierbarkeit experimenteller Forschung.....</i>	<i>23</i>
2.3.3	<i>Allgemeine und differentielle Sichtweise .....</i>	<i>24</i>
2.3.4	<i>Methodische Probleme funktioneller bildgebender Verfahren .....</i>	<i>25</i>
2.3.5	<i>Unrealistische Zukunftsversprechen.....</i>	<i>28</i>
2.3.6	<i>Neuroreduktionismus und das Gehirn-Geist-Problem .....</i>	<i>30</i>
2.4	Bedeutung der Neurowissenschaften für die Musikpädagogik.....	33
<b>3</b>	<b>Neuromythen .....</b>	<b>43</b>
3.1	Prävalenz von Neuromythen – bisheriger Forschungsstand .....	44
3.2	Ausgewählte Neuromythen.....	47
3.2.1	<i>Der „Lerntypen-Mythos“.....</i>	<i>47</i>
3.2.2	<i>Der „10-Prozent-Mythos“ .....</i>	<i>50</i>
3.2.3	<i>Der „Hemisphären-Mythos“ .....</i>	<i>53</i>
3.2.4	<i>Der „Mozart-Effekt“ und andere Transfereffekte.....</i>	<i>57</i>
3.2.5	<i>Der Mythos der „Kritischen Perioden“.....</i>	<i>66</i>
3.3	Prävention von Neuromythen – zukünftige Forschung.....	70
<b>4</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>74</b>
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>82</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: <i>Zuwachs an neurowissenschaftlichen Publikationen von 1945 bis 2023</i> .....	7
Abbildung 2: <i>Schematische Darstellung eines Neurons</i> .....	12
Abbildung 3: <i>Schematische Darstellung einer Synapse</i> .....	13
Abbildung 4: <i>Schematische Darstellung der linken Hemisphäre</i> .....	14
Abbildung 5: <i>Schematische Abbildung des limbischen Systems</i> .....	16
Abbildung 6: <i>Normalverteilungskurven</i> .....	25

## 1 Einleitung

Als ich mich vor ein paar Jahren an einem Meisterkurs für Violine und Kammermusik bewarb, sah ich voller Vorfreude, dass mich ein Kurs in Mentaltraining erwarten würde. Der groß angekündigte Mentaltrainer entpuppte sich jedoch als ein Musikprofessor mit verdächtig pseudowissenschaftlich anmutendem „neuro-talk“<sup>1</sup>. Die Hirnforschung sage dieses oder jenes. 80% unserer Gehirnleistung würde für die visuelle Verarbeitung verbraucht werden. Man müsse sein Gehirn nur richtig „füttern“, dann könne man sich langwieriges Üben ersparen. Während ich als Psychologiestudentin sehr skeptisch war, wirkten viele der Kursteilnehmer\*innen geradezu begeistert. Verheißungen dieser Art im Namen der Hirnforschung sind leider keine Seltenheit, besonders wenn es um das Thema Lernen geht (Howard-Jones, 2014). Überall kursieren Ratgeber, Online-Kurse oder Spiele, welche unter Schlagwörtern wie „Brain-Gym“<sup>2</sup> oder „Gehirntraining“<sup>3</sup> eine allgemeine Verbesserung der Gehirnleistung und ein müheloses Lernen versprechen. Darüber hinaus tauchen immer mehr Mentalcoaches, Mentaltrainer\*innen oder Mentalgurus jeder Art auf, die ohne eine fundierte Ausbildung behaupten, das Gehirn „entschlüsselt“ zu haben. Oft verbergen sich hinter solchen Versprechen pseudowissenschaftliche, wenn nicht gar esoterische Methoden, die nichts mit einer seriösen Hirnforschung zu tun haben (Richard et al., 2018). Sicherlich sind derartige Angebote auch deshalb so gefragt, da die Menschen in der heutigen Leistungsgesellschaft unter dem Druck stehen und das Gefühl haben, sich andauern ‚optimieren‘ zu müssen (Heinemann & Heinemann, 2010). Das gerade das Gehirn so sehr im Mittelpunkt steht, verdanken wir wohl dem „Neuro-Boom“ (Grospietsch & Mayer, 2019, 2020; Hasler, 2012). Damit ist die Euphorie gemeint, die die Hirnforschung in den 1990er Jahren ausgelöst hat und die bis heute ungebrochen anhält. Der heutige „Neuro-Enthusiasmus“ (Hasler, 2012) wurde unter anderem auch von verschiedenen Staatsoberhäuptern befeuert. So rief der amerikanische Präsident George H. W. Bush im Jahre 1990 die „Dekade des Gehirns“ aus und der französische Staatspräsident Nicolas Sarkozy bezeichnete das 21. Jahrhundert sogar als das „Jahrhundert des Gehirns“ (ebd.). Dieser Enthusiasmus ging auch mit Projektförderungen in Milliardenhöhe einher (Madeja & Müller-Jung, 2016). Steht in einem Forschungsantrag etwas von Hirnforschung, erhöhen sich die Chancen der Finanzierung um ein Vielfaches. Kein Wunder also, dass so viele „Neuro-X-Disziplinen“ in den letzten beiden Jahrzehnten entstanden sind, darunter beispielsweise Neuro-Ökonomie, Neuro-Didaktik, Neuro-Marketing, Neuro-Forensik oder gar Neuro-Theologie (Hasler, 2012). Auch unter Musiker\*innen ist der Neuro-Trend längst angekommen. Hirnforscher wie Manfred Spitzer

---

<sup>1</sup> Mit „neurotalk“ meine ich einen pseudowissenschaftlichen Jargon, der Halbwahrheiten enthält.

<sup>2</sup> <https://www.braingym.at/v07/?sn=100100>[26.08.23]

<sup>3</sup> <https://www.brain-fit.com>[26.08.23]

oder Eckart Altenmüller beforschen Musiker\*innen-Gehirne und halten beeindruckende Vorträge, die sich großer Beliebtheit erfreuen. In Aufsätzen und Büchern wird der Frage nachgegangen, wie Musiker\*innen „gehirngerechter“ und somit angeblich effizienter üben können (Altenmüller & Jabusch, 2017; Klöppel & Altenmüller, 2013). Auch für den musikpädagogischen Bereich finden sich entsprechende Publikationen, wie „Neurodidaktik für den Musikunterricht“ (Kostka, 2017). Die Disziplin der Neurodidaktik unternimmt dabei den Versuch, zwischen Neurowissenschaften und Pädagogik zu vermitteln und neue Erkenntnisse aus der Hirnforschung für den Unterricht nutzbar zu machen. Inwieweit die Empfehlungen der Neurodidaktik für (Musik-)Pädagog\*innen von Nutzen sind, wird in Kapitel 2.4 diskutiert.

Die Begeisterung für die Hirnforschung birgt jedoch ein großes Risiko: die Entstehung und Verbreitung von Neuromythen (Düvel et al., 2017; Grospietsch & Mayer, 2019). Darunter werden falsche oder verzerrte Vorstellungen über das Zusammenwirken von Lernen und Gehirn verstanden (Deibl & Zumbach, 2020). Neuromythen beruhen meist auf einem wahren Kern, der jedoch so abgewandelt oder verallgemeinert wird, dass die resultierende Aussage dadurch falsch wird (Grospietsch & Lins, 2021). So ist es beispielsweise richtig, dass die Gehirnhälften schwerpunktmäßig an unterschiedlichen Aufgabentypen beteiligt sind (Jäncke & Edelman, 2017). Die Schlussfolgerung es gäbe daher „links-hirnige“ und „rechts-hirnige“ Menschen ist allerdings falsch (Grospietsch & Lins, 2021). Andere Neuromythen speisen sich auch aus veralteten Theorien. Das prominenteste Beispiel hierfür ist vermutlich die längst widerlegte Lerntypentheorie, der zufolge Menschen ihrem Typ (beispielsweise auditiv, visuell oder haptisch-kinästhetisch) entsprechend am besten lernen (Deibl & Zumbach, 2020; Papadatou-Pastou et al., 2021; Westby, 2019).

Warum entstehen und halten sich Neuromythen so hartnäckig? Ein großes Problem im Zuge der Wissensvermittlung von neurowissenschaftlichen Erkenntnissen ist die Vereinfachung und Verallgemeinerung von Studienergebnissen. Komplexe Forschungsergebnisse werden für Laien heruntergebrochen und reißerische Titel führen zu übertriebenen und fehlerhaften Interpretationen (Dekker et al., 2012). Dieses Problem ist sicherlich auch dem medialen Konkurrenzkampf geschuldet: Je sensationsreicher ein Artikel, desto mehr Leser\*innen werden erreicht (Hasler, 2012). Gleiches gilt für Teilnehmer\*innen bei Workshops, Zuhörer\*innen bei Vorträgen oder Einschaltquoten im Fernsehen. Einschränkungen oder relativierende Studienergebnisse kommen häufig zu kurz, sodass für Laien der Eindruck einer in Stein gemeißelten „Wahrheit“ entsteht. Doch Wissenschaft befindet sich stets im Wandel. Neue Forschungsergebnisse bestärken oder relativieren ältere Theorien, Studien mit methodischen Mängeln werden im Nachhinein in Frage gestellt. Meist sind Studienergebnisse in einem bestimmten Kontext entstanden und können nicht ohne Weiteres verallgemeinert werden. Es ist somit gut möglich, dass gerade ältere Forschungserkenntnis mittlerweile längst widerlegt sind oder zumindest stark relativiert wurden. Werden jedoch

veraltete „Hirnforschungs-Tatsachen“, wie die allseits beliebte Lerntypen-Theorie in Seminaren, Weiterbildungen oder Büchern weitergetragen, so bleiben diese Mythen erhalten (Pasquinelli, 2012).

Musiker\*innen und Musikpädagog\*innen scheinen besonders anfällig für Neuromythen und unseriöse „Neuro-Verheißungen“ zu sein (Düvel et al., 2017). Zum einen, weil sie zu einer besonders leistungsorientierten Berufsgruppe gehören, die unter einem immer stärkeren Leistungsdruck leidet und sich Hilfe von der Hirnforschung verspricht. Zum anderen, da der kritische Umgang mit Studienergebnissen und wissenschaftliche Forschungsmethodik im Musikstudium kaum gelehrt werden. Hinzu kommt, dass die Neuroforschung mit ihrer medizinischen Legitimation und ihren naturwissenschaftlichen Methoden einen äußerst seriösen Ruf genießt (Hasler, 2012). Bunte Hirnscans aus dem Labor erwecken den Anschein visueller Diagnosen und unumstößlicher wissenschaftlicher Fakten – ein Phänomen, welches auch als *Neuro-Realismus*<sup>4</sup> bezeichnet wird (Illes et al., 2005). Aus experimentellen Studien weiß man, dass Laien Studienergebnisse für überzeugender halten, wenn sie neurowissenschaftliche Argumente enthalten, selbst wenn diese sinnlos sind (Weisberg et al., 2008). Zudem werden Artikel für glaubhafter gehalten, die Bilder von Hirnscans enthalten (McCabe & Castel, 2008). Dass fMRT-Bilder jedoch alles andere als reine Abbildungen der Realität sind und nicht selten für pseudowissenschaftliche Zwecke missbraucht werden (Hasler, 2012), ist vermutlich den wenigsten Laien klar.

Das Verhältnis von Musikpädagogik und Neurowissenschaften ist vielschichtig. Einerseits gelten Berufsmusiker\*innen unter Neurowissenschaftler\*innen als ideale Versuchspersonen, um die Plastizität des Gehirns nach jahrelangem Training zu untersuchen (Gaser & Schlaug, 2003; Herholz & Zatorre, 2012; Jäncke & Edelman, 2017; Klöppel & Altenmüller, 2013; Krista et al., 2009; van Vugt et al., 2021). Andererseits erhoffen sich Musikpädagog\*innen eine Legitimation des Musikunterrichts mithilfe neurowissenschaftlicher Erkenntnisse (Gruhn, 2013; Krämer, 2013). Hoffnungen dieser Art halfen bei der Verbreitung des Neuromythos „Mozart-Effekt“, welcher postuliert, dass das Hören klassischer Musik (insbesondere die von W. A. Mozart) eine Auswirkung auf die Intelligenz von Kindern habe (Bangerter & Heath, 2004; Jenkins, 2001). Der „Mozart-Effekt“ ist ein gutes Beispiel dafür, wie aus einem isolierten Studienergebnis ein verbreiteter Mythos mit absurden Fehlschlüssen und weitreichenden gesellschaftlichen Folgen entsteht (3.2.4).

Im ersten Teil der Arbeit liegt der Schwerpunkt auf den Neurowissenschaften. Um nachzuvollziehen, wie es zu dem starken Einfluss der Hirnforschung auf unsere Gesellschaft und die (Musik-)Pädagogik gekommen ist, werde ich zunächst die Erfolgsgeschichte der Neurowissenschaften skizzieren und auf die damit einhergehende mediale Verbreitung neurowissenschaftlicher Erkenntnisse eingehen (2.1). Felix Hasler zufolge, Autor einer

---

<sup>4</sup> Aus dem Englischen übersetzt, der englische Begriff lautet *neuro-realism*.

*Streitschrift gegen die Deutungsmacht der Hirnforschung*, besteht eine bedenkliche Diskrepanz zwischen den Erklärungsansprüchen vieler Neurowissenschaftler\*innen und der wissenschaftlichen Belastbarkeit ihrer empirischen Daten (Hasler, 2012). Er ist bei weitem nicht der einzige Kritiker neurowissenschaftlicher Forschung. Vor etwa zehn Jahren wurden die Stimmen sogenannter Neuroskeptiker\*innen laut, die an der leitenden Rolle der Neurowissenschaften zweifelten und grundlegende Reformen forderten. Um ein ausgewogenes Bild zu erhalten, werden sowohl wichtige Errungenschaften (2.2), als auch Probleme und Grenzen (2.3) der Neuroforschung dargestellt. Schließlich werde ich mich der zentralen Frage widmen, welche Bedeutung die neurowissenschaftliche Forschung für die Musikpädagogik, insbesondere der Instrumentalpädagogik, haben kann (2.4). Im zweiten Teil der Arbeit stehen die Neuromythen im Fokus. Nach einem Überblick über den bisherigen Forschungsstand zur Prävalenz von Neuromythen (3.1), werden zentrale Neuromythen näher beleuchtet (3.2). Zuletzt sollen mögliche Maßnahmen zur Prävention und Reduktion von Neuromythen und einem kritischeren Umgang mit Forschungsergebnissen besprochen werden (3.3). Im Schlussfazit werden die Aussagen der Arbeit zusammengefasst, Einschränkungen der Arbeit besprochen und ein Blick auf zukünftige Entwicklungen geworfen (4). Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist es, die Leser\*innen zu einer kritischeren Haltung zu ermutigen und ein breiteres Bewusstsein für Neuromythen in der Musikpädagogik zu schaffen.

## 2 Chancen und Grenzen der Neurowissenschaften

### 2.1 Die Erfolgsgeschichte der Neurowissenschaften

Versucht man die Historie der Neurowissenschaften nachzuzeichnen, so muss man zunächst einmal definieren, was unter dem Begriff „Neurowissenschaften“ verstanden wird. Neurowissenschaften (engl. neuroscience) ist ein Überbegriff für alle Wissenschaftler\*innen, die sich mit der naturwissenschaftlichen Erforschung des menschlichen Gehirns befassen und dabei biologische, chemische, physikalische oder mathematische Methoden anwenden. Die Begriffe „Hirnforschung“ oder „Neuroforschung“ werden synonym dazu verwendet. Das Besondere an dem Forschungsfeld der Neurowissenschaften ist, dass es interdisziplinär ist und Ansätze aus verschiedenen Bereichen, wie Psychologie, Informatik, Physik, Molekulargenetik, Medizin und Biochemie, vereint (Bear et al., 2018).

Jäncke und Edelman (2017) benennen verschiedene Teildisziplinen der Neuroforschung: Neurobiologie, Neurophysiologie, Neuropsychologie, kognitive Neurowissenschaften und klinisch-medizinische Fächer, die sich mit den Fehlfunktionen des Gehirns befassen. Die Neurobiologie erforscht die molekularen und zellbiologischen Grundlagen des Gehirns zumeist am Tiermodell, während sich die Neurophysiologie mit Nervenzellen und deren Kommunikation (Synapsen) beschäftigt und daher oft als „zentrale Disziplin“ der Neurowissenschaften bezeichnet wird. Die Neuropsychologie versucht, menschliches Erleben und Verhalten neurowissenschaftlich zu erklären, während die kognitiven Neurowissenschaften ein Zusammenschluss von kognitiver Psychologie und Neurowissenschaften sind. Das Ziel der kognitiven Neurowissenschaften ist *„[h]erauszufinden, wie Denken, Lernen, Gedächtnis, Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Motorik, mentale Repräsentation, Sprache, Emotion und Motivation beim Menschen funktionieren“* (Jäncke & Edelman, 2017, S. 21). Zu diesem Bereich zählt auch die Erforschung der kognitiven Verarbeitung und Wirkung von Musik, ebenso wie die Forschung zum Bewegungslernen, die sich mit Aspekten des motorischen Lernens auf der Ebene des zentralen Nervensystems befasst. Ein junger Bereich der Neurowissenschaften ist zudem die theoretische Neurowissenschaft, die mithilfe mathematischer und computergestützter Verfahren versucht, die Prinzipien der Organisation des Nervensystems zu entschlüsseln (Bear et al., 2018). Bei Bear und Kollegen (2018) findet sich eine etwas andere Aufgliederung der einzelnen Forschungsbereiche, was zeigt, dass es keine allgemeingültigen Kategorisierungen gibt und die Forschungsbereiche nicht klar voneinander zu trennen sind.

Heinemann (2013) gibt zu bedenken, dass die Geschichte der Neurowissenschaften auf unterschiedliche Art und Weise dargestellt werden kann. Geht man vom Untersuchungsgegenstand „Gehirn“ aus, so scheinen die Neurowissenschaften eine lange Tradition zu haben. Erste Schriften zur Behandlung des menschlichen Gehirns stammen aus

Ägypten um 1700 v. Chr (Nunn, 1997). In Lehrbüchern und Einführungstexten wird dies gerne betont (beispielhaft Jäncke & Edelmann, 2017). Heinemann äußert sich zum Umgang der Neurowissenschaftler\*innen mit der eigenen Geschichte folgendermaßen:

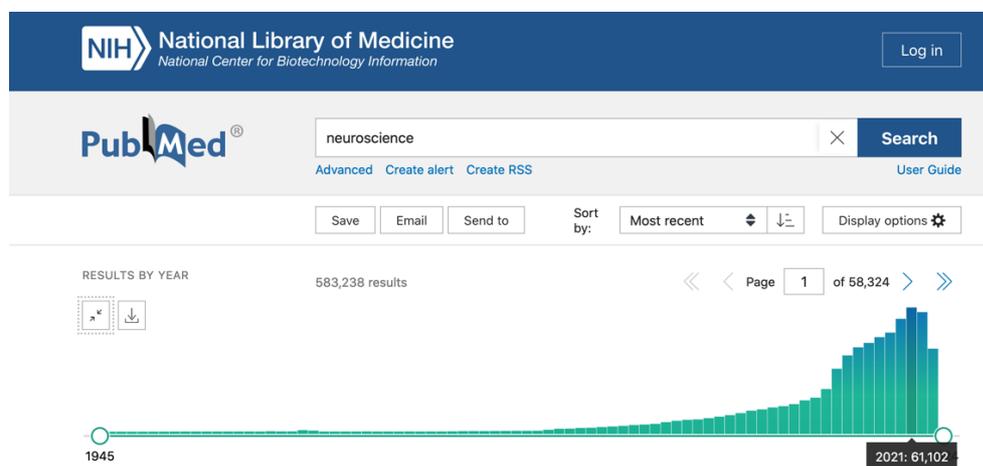
Hirnforscher selbst gehen ... sehr pragmatisch mit ihrer Geschichte um, und zwar sowohl in der Fachwissenschaft als auch in der Fachöffentlichkeit. Die massenmediale Darstellung ist dann lediglich ein Ergebnis dieser Haltung. Sofern Geschichte hilfreich ist, etwa um eine eigenständige Disziplin zu begründen oder die gemeinsamen Wurzeln von Philosophie und Hirnforschung zu betonen, wird darauf Bezug genommen. Andernfalls spielt die eigene Historie keine nennenswerte Rolle. (Heinemann, 2013, S. 95)

Geht man allerdings vom Forschungsfeld der *Neurowissenschaften* aus, dass sich erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts allmählich etabliert hat, so wird die Geschichte der Neurowissenschaften ganz anders dargestellt. In dieser Geschichtsschreibung sind die Neurowissenschaften eine junge Disziplin, die gerade in ihren Kinderschuhen steckt (Heinemann, 2013). In dieser Weise werden die Neurowissenschaften gerne in den Medien dargestellt, was Fachvertreter\*innen auch gar nicht ungelegen kommt. Eine junge Disziplin muss noch nicht so viele Erfolge vorweisen, denn sie hatte ja im Vergleich zu anderen Disziplinen noch nicht so viel Zeit. Und wenn sie Erfolge zu vermelden hat, dann sind diese bahnbrechend und vielversprechend. Kritiker\*innen geben allerdings zu bedenken, dass viele „neuen Erkenntnisse“ der Hirnforschung gar nicht so neu sind, wie sie oft dargestellt werden (beispielhaft Hasler, 2012).

Der Begriff „Neuroscience“ wurde erstmals 1962 von dem amerikanischen Biologen Francis O. Schmitt geprägt und im Neuroscience Research Programm, welches von 1962 bis 1982 lief, gefestigt. Schmitt war ein bedeutsamer Vorreiter dieses Fachs und prägte die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Hirnforschung (Hasler, 2012). Heinemann (2013) sieht gerade in der Inter- und Transdisziplinarität in einer ansonsten sich differenzierenden Wissenschaftswelt den besonderen Erfolg der Neurowissenschaften. Zudem hat die Weiterentwicklung von nicht-invasiven bildgebenden Verfahren Anfang der 1990er Jahre, wie der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) oder der Positronen-Emissions-Tomographie (PET) zu einer öffentlichen Beliebtheit entsprechender Forschungsfelder geführt. Hasler (2012) zufolge weckten die neuen Verfahren große Hoffnungen, da sie den Anschein einer visuellen Diagnose und einem Blick in das lebende Gehirn erweckten. Mithilfe der Bilder wurden komplexe statistische Befunde sehr viel anschaulicher und scheinbar für jedermann verständlich. Die bunten Hirnscans wurden zum Symbol für Wissenschaft und Fortschritt. Es überrascht daher kaum, dass sich die Medien dies zunutze machten, was dem öffentlichen Ansehen der Neurowissenschaftler entgegenkam.

Vielleicht erklärt das prestigevolle, zukunftsversprechende Image dieses Fachs das exponentielle Wachstum neurowissenschaftlicher Publikationen in den 1990er Jahren. Gibt man in der Datenbank von Nature<sup>5</sup>, einer der renommiertesten naturwissenschaftlichen Journale, als Schlagwort „neuroscience“ ein, liegt die Anzahl der wissenschaftlichen Artikel in den Jahren von 1990 bis 1995 bei 78, in den Jahren von 2017 bis 2022 bei 4.342. Allein das verdeutlicht, wie stark der Anteil an neurowissenschaftlichen Publikationen angewachsen ist. In der Datenbank Pubmed<sup>6</sup> wird die zahlenmäßige Entwicklung neurowissenschaftlicher Artikel anschaulich in einem Balkendiagramm als Fälle pro Jahr dargestellt (siehe Abbildung 1). Deutlich sichtbar ist der steile Anstieg ab den 1990er Jahren und dem Höhepunkt im Jahr 2021 mit rund 61.000 Publikationen zum Schlagwort „neuroscienc“. Die Society for Neuroscience, ein internationaler Berufsverband für Neurowissenschaftler\*innen, umfasst heutzutage 37.000 Wissenschaftler\*innen aus mehr als 80 verschiedenen Ländern<sup>7</sup>. Die jährlichen Wissenschaftskongresse sind die größten Wissenschaftskongresse weltweit mit teils mehr als 30.000 Besuchern. Laut Madeja und Müller-Jung (2016) gab es im Jahr 2009 sogar mehr als 135.000 Wissenschaftler\*innen im Bereich der neurowissenschaftlichen Forschung. Der massive Zuwachs an Forschung hat ohne Zweifel viele Daten und Ergebnisse hervorgebracht. Gemessen an der Quantität der Publikationen stellt sich jedoch die Frage, wie viel inhaltlich relevantes Wissen dadurch generiert wurde (Becker, 2014).

**Abbildung 1:** Zuwachs an neurowissenschaftlichen Publikationen von 1945 bis 2023



Quelle: Screenshot der Datenbank Pubmed<sup>8</sup> vom 18. September 2023

Nicht nur in der Fachwelt sind die Neurowissenschaften quantitativ enorm gewachsen, auch in den populärwissenschaftlichen Medien gab und gibt es bis heute einen regelrechten

<sup>5</sup>[https://www.nature.com/search?q=\(neuroscience%20OR%20%22cognitive%20neuroscience%22\)%20AND%20learning](https://www.nature.com/search?q=(neuroscience%20OR%20%22cognitive%20neuroscience%22)%20AND%20learning) [18.09.23]

<sup>6</sup> <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=neuroscience> [18.09.23]

<sup>7</sup> <https://www.sfn.org/about/what-we-do/annual-report/fy2019/sfns-50th-anniversary-celebrations> [18.09.23]

<sup>8</sup> <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=neuroscience&sort=date&timeline=expanded> [18.09.23]

„Neuro-Hype“. So entstanden Zeitschriften und Sendungsformate, die sich ausschließlich der Hirnforschung widmen, wie etwa die Zeitschrift *Gehirn & Geist*. Heinemann (2013, S. 67) merkt diesbezüglich an: *„Hier wird nicht einfach nur über Erkenntnisse der Hirnforschung berichtet, sondern neurowissenschaftliche Forschung wird als eine Form eines Lebenshilferatgebers präsentiert. Es wird propagiert, dass neurowissenschaftliche Forschung Lösungen für die individuellen Probleme in der neoliberalen Gesellschaft bietet.“*

Die Neurowissenschaften erhalten so viel Aufmerksamkeit, wie sonst kaum ein anderes wissenschaftliches Fach (Madeja & Müller-Jung, 2016). Damit verbunden sind jedoch auch hohe gesellschaftliche Erwartungen, die teilweise von Hirnforscher\*innen selbst geschürt werden. In einem 2004 veröffentlichten „Manifest“ verkündeten elf „führende“ Hirnforscher\*innen, welche Erfolge in den nächsten Jahren zu erwarten seien. So ist beispielsweise die Rede von neuen, nebenwirkungsarmen Psychopharmaka, der Gründung einer „theoretischen Neurobiologie“, revolutionären Neuroprothesen oder einem frühzeitlichen Erkennen von psychischen Auffälligkeiten, Fehlentwicklungen und Verhaltensdispositionen (Manifest, 2004). Nicht zuletzt würde die Hirnforschung die „großen Fragen“ der Menschheit beantworten und zu einem völlig neuen Menschenbild führen. Andere, wie der Autor und Unternehmer Zack Lynch, sprechen gar von einer uns bevorstehenden „Neuro-Revolution“, die unsere Gesellschaft grundlegend verändern wird. In seinem Buch mit dem Titel *The Neuro Revolution* werden Veränderungen prognostiziert, die uns in absehbarer Zeit in eine „Neurosociety“, also eine „Neurogesellschaft“, führen würden (Lynch, 2009, zitiert nach Hasler, 2012).

Gleichzeitig hat sich eine Gegenbewegung gebildet, welche die Neuroforschung kritisch hinterfragt und auch als „Neuroskeptizismus“ bezeichnet wird (Hasler, 2012). Kritiker\*innen der Hirnforschung bemängeln, dass bisher kaum eines der propagierten Ziele der Neuroforschung erreicht worden sei (Tretter et al., 2014). Zudem wird das reduktionistische Weltbild kritisiert, in dem Menschen nur noch als eine Art „biochemische Maschine“ betrachtet werden (Göppel, 2014; Slaby, 2011). Kritisiert wird auch die Überinterpretation von bildgebenden Verfahren (Hasler, 2012). Ferner wird darauf hingewiesen, dass neurowissenschaftliche Erkenntnisse oftmals nicht neu sind, sondern lediglich bereits bekanntes Wissen mit neuen Methoden bestätigen (Edelmann & Wittmann, 2019; Westerhoff, 2011). Um ein ausgewogenes Bild zu erhalten, werden im Folgenden einige wichtige Errungenschaften der Hirnforschung skizziert und Argumente der Neuroskeptiker\*innen diskutiert. Zuletzt wird das spezielle Verhältnis von (Musik-)Pädagogik und Hirnforschung thematisiert und der Frage nachgegangen, welchen Nutzen die Hirnforschung für (Musik-)Pädagog\*innen haben kann.

## 2.2 Erkenntnisse der Hirnforschung in Bezug auf Lernen

Allerdings muss man, entgegen der allgemeinen Begeisterung für die Neurobiologie, hervorheben, dass der Beitrag der Hirnforschung zur Optimierung des Lernens absolut gering ist. Es ist vielmehr so, dass man versucht, Phänomene, die in der Verhaltenspsychologie und in der kognitiven Psychologie längst bekannt sind, nachträglich auch hirnbilologisch zu begreifen. (Edelmann & Wittmann, 2019, S. 37)

Auch wenn es in den letzten Jahren zu einem explosionshaften Anstieg neurowissenschaftlicher Publikationen in Bezug auf Lernen und Gedächtnis gekommen ist, vertreten einige die Sichtweise, dass die (neurobiologische) Hirnforschung bislang keine wirklich neuen Erkenntnisse in Bezug auf Lernen hervorgebracht hat (Becker, 2014; Westerhoff, 2011). Dabei kommt es allerdings darauf an, was man unter dem Begriff „Hirnforschung“ versteht. Edelmann und Wittmann schließen die Verhaltenspsychologie und die kognitive Psychologie aus dem „Beitrag der Hirnforschung“ aus (siehe oben). In vielen Fällen werden diese Bereiche jedoch miteinander verbunden, wobei die meist aussagekräftigeren Befunde (verhaltens-)psychologischer oder verhaltensbiologischer Forschung gemeinsam mit neurowissenschaftlichen Erkenntnissen unter dem Überbegriff „Hirnforschung“ oder „Neurodidaktik“ präsentiert (beispielsweise Herrmann, 2020). Der Ansatz der Neurodidaktik (auch Neuropädagogik, engl. *neuroeducation*) hat sich zum Ziel gesetzt, die Pädagogik um neurobiologische Erkenntnisse über das Lernen zu erweitern und das Lernen „gehirn-gerechter“ zu machen (Kowal-Summek, 2018). Häufig geht es dabei um eine Reform des Schulsystems, das nicht „gehirn-gerecht“ genug angelegt sei (Herrmann, 2020). Der Begriff „Neurodidaktik“ stammt ursprünglich aus dem sonderpädagogischen Bereich von Schülern mit Lernschwierigkeiten (ebd.). Laut Herrmann ist dieser Begriff eigentlich nicht ganz passend, da traditionell mit „Didaktik“ die Auswahl der Lerninhalte bezeichnet wird, die Neurodidaktik sich jedoch eher mit der *Methodik* des Lehrens befasst.

Der Hirnforschung wird immer wieder vorgeworfen, dass sie alte Befunde der Lernpsychologie und der Pädagogik als neue Erkenntnisse der Hirnforschung präsentiert (Westerhoff, 2011). Hirnforscher\*innen betonen allerdings, dass es ihnen darum ginge, bekannte Phänomene durch neurowissenschaftliche Erkenntnisse zu bestätigen und zu erweitern (Gruhn, 2013; Roth, 2009). Während manche Hirnforscher\*innen sich im Klaren darüber sind, dass auch ihre Forschung theoriegeleitet ist und nur einen von mehreren möglichen Erkenntniswegen darstellt (Jäncke & Edelmann, 2017), erheben andere die Hirnforschung zur Grundlagenforschung der Lernforschung und Pädagogik (Spitzer, 2006). „Die molekularen und zellulären Faktoren, die der Lernplastizität zu Grunde liegen, verstehen wir mittlerweile so gut, dass wir beurteilen können, welche Lernkonzepte – etwa für die Schule

– am besten an die Funktionsweise des Gehirns angepasst sind“ (Manifest, 2004, S. 33). Aussagen dieser Art lösten in der Folge einen Streit zwischen Neurowissenschaftler\*innen und Pädagog\*innen darüber aus, in welchem Verhältnis die beiden Wissenschaften zueinanderstehen (Becker, 2014; Göppel, 2014; Herrmann, 2020; Matta, 2021; Westerhoff, 2011). Laut Manfred Spitzer, einem führenden Hirnforscher und Berater der deutschen Regierung in bildungspolitischen Fragen, sei Lernen *das* zentrale Thema der Hirnforschung und somit eine wichtige Grundlagenwissenschaft für die Pädagogik. Er vergleicht in seinem Buch *Lernen – die Gehirnforschung und die Schule des Lebens* das Verhältnis von Hirnforschung und Lernen mit dem von Musik und Physik:

Ganz gewiss lässt sich kein Schulsystem direkt aus der Gehirnforschung ableiten. Aber genau so, wie Musik durch die Physik schwingender Körper und Physiologie des Hörens weitgehend bestimmt ist, so ist auch das Lernen durch die Welt, in der gelernt wird und durch das Organ des Lernens weitgehend bestimmt. (Spitzer, 2002, zitiert nach Göppel, 2014, S. 17)

Göppel kritisiert diesen Vergleich, indem er zu bedenken gibt, dass sich die physikalische Grundlage von Musik nicht dazu eignet, ein besseres musikalisches Verständnis zu erlangen (ebd.).

Trotz aller Kritik muss eingeräumt werden, dass die Hirnforschung in den letzten Jahrzehnten neues Wissen bezüglich der Funktionsweise des Gehirns hervorgebracht hat. So sind die Prozesse grundlegender Sinnesverarbeitung, wie die Verarbeitung von visuellen oder akustischen Reizen, bereits sehr gut erforscht (Bear et al., 2018). Auch bei den neuronalen Grundlagen des Lernens ist man ein gutes Stück weitergekommen. So konnte man mithilfe von Tierexperimenten zeigen, dass Lernen mit der Veränderung der synaptischen Übertragung einhergeht (Johansson & Belichenko, 2002). Strukturelle und funktionelle bildgebende Verfahren haben zu einem genaueren Verständnis von Gehirnreifungsprozessen geführt. So weiß man mittlerweile, dass das Gehirn sich strukturell und funktionell ein Leben lang an seine Umwelt anpasst, was als Neuroplastizität bezeichnet wird (Jäncke & Edelman, 2017). Eine weitere bedeutende Errungenschaft der Hirnforschung ist die Entdeckung des Spiegelneuronen-Systems, welches Phänomene wie Perspektivübernahme und Imitationslernen erklären können (Jacobs et al., 2009).<sup>9</sup> Ein Vorteil von neurobiologischen Messungen liegt darin, dass sie die Erforschung von unbewussten neuronalen Prozessen ermöglichen, die sich der bewussten, verbalen Äußerung entziehen (Gruhn, 2013). So lösen beispielsweise Reize, die sehr kurz und somit unterhalb der Bewusstseinschwelle präsentiert werden, neuronale Reaktionen aus, die auf eine unbewusste emotionale Verarbeitung schließen lassen (Morris et al., 1998). Neurowissenschaftler\*innen unterstreichen in diesem

---

<sup>9</sup> Diese Interpretation der Funktion von Spiegelneuronen wird jedoch auch kritisch betrachtet (Hickok, 2015).

Zusammenhang die entscheidende Rolle der Emotionen für nahezu alle kognitiven Prozesse, inklusive Lernen (beispielsweise Gruhn, 2013). Was die Gedächtnisforschung angeht, vermutet man mittlerweile, dass das Gehirn in neuronalen Netzwerken organisiert ist und es keine lokalen „Speicher“ für Gedächtnisinhalte gibt (Bear et al., 2018). Ein typischer neurowissenschaftlicher Befund für die Vernetztheit des Gehirns ist, dass die Darbietung auditiver oder visueller Reize unbewusste Assoziationen (in Form von Aktivierungen) in anderen Hirnarealen auslösen. Bei Musiker\*innen ist dies besonders eindrücklich, da motorische, sensorische und auditive Areale eng miteinander verknüpft sind (Gruhn, 2005). So führt beispielsweise das Hören von Musik bei Berufsmusiker\*innen im Gegensatz zu Nicht-Musiker\*innen zu einer gleichzeitigen Aktivierung motorischer Areale im Parietalkortex, das Betrachten eines Notenbilds zur Aktivierung auditiver Areale im Temporalkortex (Haslinger et al., 2005). In der Schlafforschung untersucht man den Einfluss von Schlaf auf Lernen und Gedächtnis sowie die neuronalen Mechanismen der Konsolidierung (langfristigen Speicherung) von neuem Wissen (Klinzing et al., 2019). Im Bereich der Bewegungsforschung unterstreichen neurowissenschaftliche Befunde unter anderem die Rolle des Mentalen Trainings (Klöppel & Altenmüller, 2013). So hat sich etwa gezeigt, dass das gedankliche Training von Bewegungsabfolgen zu ähnlichen Aktivierungsmustern führt, wie das körperlich ausgeführte Training (Pascual-Leone et al., 1995). Im medizinischen Bereich sind für Menschen mit körperlichen Einschränkungen immer bessere Neuroprothesen entwickelt worden, wie etwa das Cochlea-Implantat, das besonders bei kleinen Kindern die Hörleistung wiederherstellt (Hundertpfund et al., 2023). Erwähnenswert ist auch die technische Weiterentwicklung von Brain-Computer-Interfaces (BCI), dank derer Menschen künstliche Prothesen oder Computer mit ihren Gedanken steuern können (Nojima et al., 2022). Menschen, die an einem Lock-In-Syndrom<sup>10</sup> leiden, profitieren von neueren neurologischen Diagnosemöglichkeiten, indem Anzeichen für Bewusstsein dank neurophysiologischer Messungen erkannt werden (Norton et al., 2023).

Da es den Rahmen der Arbeit sprengen würde, sämtliche Befunde der Kognitiven Neurowissenschaften darzustellen, konzentriere ich mich in den folgenden Kapiteln auf die Darstellung der wichtigsten Gehirnreifungsprozesse (2.2.2) und dem Phänomen der Neuroplastizität (2.2.3). Zur besseren Einordnung von Studienergebnissen geht den beiden Kapiteln eine kurze Einführung in die Anatomie und Funktionsweise des Gehirns voraus (2.2.1). Ich verzichte ganz bewusst auf die Einbeziehung populärwissenschaftlicher Literatur aus dem Bereich der Neurodidaktik, da es mir an dieser Stelle um gesichertes Wissen und konkrete neurowissenschaftliche Befunde geht. Dabei versteht sich von selbst, dass hier nur ein oberflächlicher und bei weitem nicht vollständiger Überblick gewährleistet werden kann. Leser\*innen, die sich intensiver mit den Befunden der Kognitiven Neurowissenschaften

---

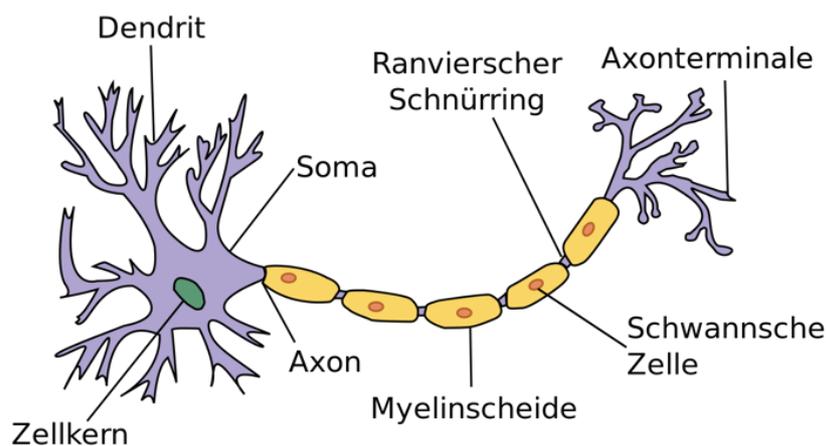
<sup>10</sup> Ein Zustand vollständiger körperlicher Lähmung (inklusive Sprachunfähigkeit) bei einem gleichzeitig intakten Bewusstsein (Vidal, 2020).

auseinandersetzen wollen, empfehle ich die Lektüre des Lehrbuchs „Kognitive Neurowissenschaften“ (Jäncke & Edelman, 2017). Um zu vermeiden, voreilige praktische Schlüsse zu ziehen, möchte ich in einem ersten Schritt die wesentlichen Erkenntnisse mithilfe einiger zentraler Studien für sich genommen darstellen und erst in einem zweiten Schritt (2.4) auf den möglichen praktischen Nutzen der neurowissenschaftlichen Erkenntnisse für die Musikpädagogik eingehen.

### 2.2.1 Überblick über den Aufbau des Gehirns

Das Gehirn besteht vorwiegend aus schätzungsweise 85 Milliarden Nervenzellen (Neuronen) und 85 Milliarden Gliazellen (Bear et al., 2018). Neurone können hinsichtlich ihrer Funktion unterschieden werden: Sensorische Neurone, die für die Vermittlung von Sinneswahrnehmungen und Körperempfindungen an das Gehirn zuständig sind, motorische Neurone, die für die Innervierung der Muskulatur zuständig sind und Interneurone, die als Informationsvermittler zwischen sensorischen und motorischen Neuronen dienen (Meinhardt, 2019). Jedes Neuron besteht grundsätzlich aus einem Zellkörper (dem Soma), den Dendriten und mindestens einem Axon (siehe Abbildung 2). Die Dendriten dienen als Signalempfänger, während das Axon Signale aus dem Zellkörper an andere Neurone weiterleitet. Axone können dabei bis zu mehr als einem Meter lang werden. Sie verzweigen sich schließlich in mehrere Endknöpfchen, die als Andockstellen für Dendriten anderer Neurone dienen (Meinhardt, 2019).

**Abbildung 2:** Schematische Darstellung eines Neurons



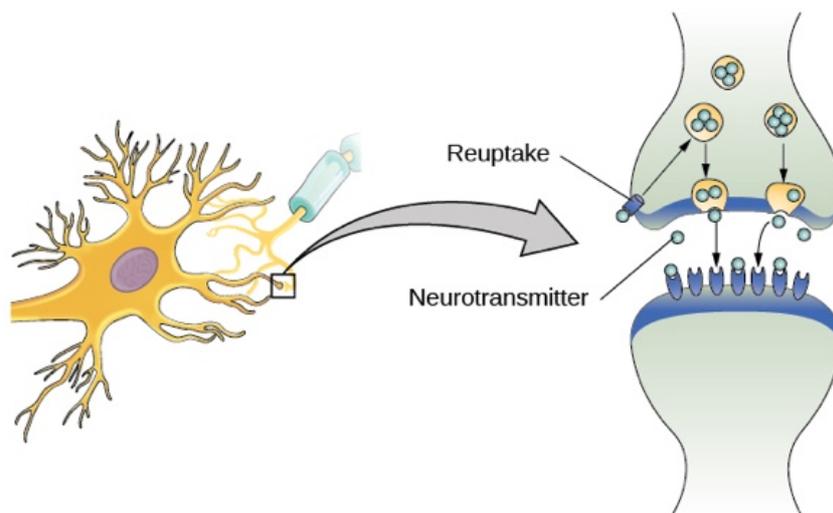
Quelle: Ecosia Bildersuche<sup>11</sup>

Neurone kommunizieren mit anderen Neuronen über elektrische Impulse, die an den Kontaktstellen zwischen Neuronen, den Synapsen, entstehen (Meinhardt, 2019) (siehe Abbildung 3). Die dabei freigesetzten chemischen Botenstoffe, sogenannte Neurotransmitter,

<sup>11</sup> [https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.wKBJ\\_qrGuTzwHd1HI8GrNwHaD-&pid=Api](https://tse4.mm.bing.net/th?id=OIP.wKBJ_qrGuTzwHd1HI8GrNwHaD-&pid=Api) [16.09.23]

beeinflussen, ob ein Signal von einem Neuron weitergeleitet oder gehemmt wird (Bear et al., 2018). Entscheidend für die Weiterleitung eines Signals ist das Ausmaß der exzitatorischen (erregenden) postsynaptischen Potenziale (ESPS). ESPS sind lokale Änderungen des Membranpotenzials am postsynaptischen (empfangenden) Neuron. Die aufsummierten ESPS lösen dann bei Überschreitung eines gewissen Schwellenwerts ein Aktionspotenzial aus. Dieser Prozess kann mit dem Abdrücken an einem Fotoapparat verglichen werden, wo zunehmender Druck auf dem Auslöseknopf erst ab einem bestimmten Schwellenwert zur Öffnung der Blende und Ablichten des Films führt. Das Aktionspotenzial wird anschließend über das Axon an andere Neurone weitergeleitet. Dabei besteht ein neuronales Signal meist nicht nur aus einem einzigen Aktionspotenzial, sondern aus einer bestimmten Abfolge von Aktionspotenzialen, die einen bestimmten neuronalen Code ergeben (im Grunde ähnlich wie bei Morsecodes). Wenn Neurone Signale an andere Neurone weiterleiten, sprechen Neurowissenschaftler\*innen typischerweise davon, dass die Neurone „feuern“ (Bear et al., 2018).

**Abbildung 3:** Schematische Darstellung einer Synapse



Quelle: Ecosia Bildersuche<sup>12</sup>

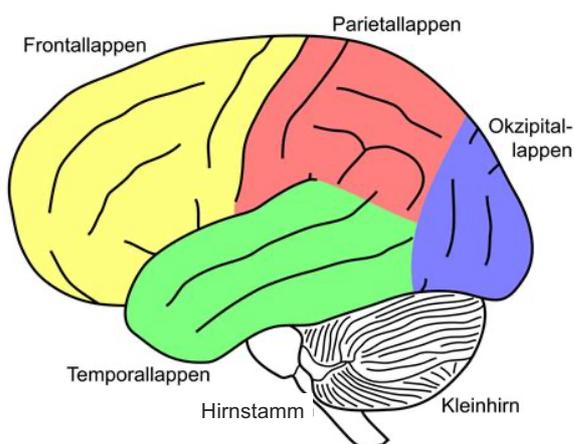
Während Neurone für die Signalübertragung zuständig sind, sind Gliazellen für viele andere Aufgaben zuständig. Neben der Stabilisierung der Neurone durch die Bildung von Bindegewebe sind sie am Zellstoffwechsel beteiligt und beeinflussen die Bildung von Synapsen. Eine wesentliche Aufgabe der Gliazellen besteht in der Bildung der Myelinscheide um die Axone der Neurone (Myelinisierung). Die Myelinscheide dient als Isolierschicht, die eine effizientere Weiterleitung von Signalen ermöglicht. Der Prozess der Myelinisierung von

<sup>12</sup> [https://s3-us-west-2.amazonaws.com/courses-images-archive-read-only/wpcontent/uploads/sites/902/2015/02/23224549/CNX\\_Psych\\_03\\_02\\_Reuptake.jpg](https://s3-us-west-2.amazonaws.com/courses-images-archive-read-only/wpcontent/uploads/sites/902/2015/02/23224549/CNX_Psych_03_02_Reuptake.jpg) [16.09.23]

Axonen vollzieht sich im Laufe des Reifungsprozesses (2.2.2). Häufig wird in Studien zu strukturellen Veränderungen im Gehirn von der grauen und weißen Substanz gesprochen. Damit werden dunkle und helle Bereiche bezeichnet, die man bei Gehirnpräparaten oder MRT-Bildern erkennt. Die graue Substanz beinhaltet die Zellkörper und Dendriten der Neurone, die weiße Substanz besteht aus den myelinisierten Axonen und Gliazellen (Meinhardt, 2019).

Das Gehirn besteht aus verschiedenen Strukturen, die sich im Laufe der Evolution entwickelt haben. Die älteste Struktur ist der Hirnstamm, welcher eine Verbindung zum Rückenmark herstellt und für die Aufrechterhaltung grundlegender Lebensfunktionen wie Atmung, Herzschlag und Blutdruck zuständig ist. Das Kleinhirn (Cerebellum) befindet sich an der Hinterseite des Hirnstamms und spielt eine wesentliche Rolle bei der Steuerung der Motorik, wie etwa der Koordination und Feinabstimmung von Körperbewegungen, der Steuerung des Gleichgewichts und der Automatisierung von Bewegungsabläufen. Über dem Hirnstamm befindet sich das Zwischenhirn (Diencephalon), welches vom Großhirn umschlossen ist (Kostka, 2017). Es enthält unter anderem den Thalamus, eine Struktur, die für die Bündelung und Weiterleitung aller Sinneswahrnehmungen an den Kortex zuständig ist und deshalb manchmal auch als „Tor zum Bewusstsein“ bezeichnet wird (Klöppel & Altenmüller, 2013, S. 233). Das Großhirn (Kortex) ist evolutionär gesehen der jüngste Teil des Gehirns und steht hierarchisch an erster Stelle. Es besteht aus zwei fast symmetrischen Hälften, den Hemisphären, die über den Balken (Corpus Callosum) miteinander verbunden sind und eng zusammenarbeiten. Jede Hemisphäre kann anatomisch gesehen in vier verschiedene Lappen unterteilt werden: den Frontallappen, den Parietallappen, den Temporallappen sowie den Okzipitallappen (siehe Abbildung 4).

**Abbildung 4:** Schematische Darstellung der linken Hemisphäre



Quelle: Ecosia Bildersuche<sup>13</sup>, Beschriftung von Autorin verändert

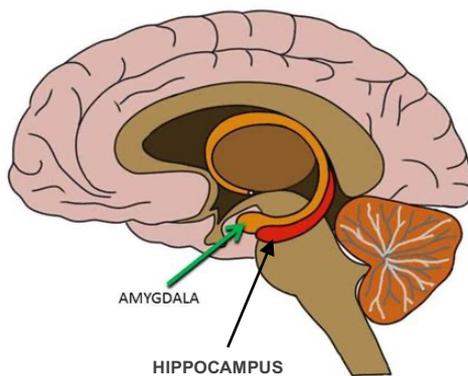
<sup>13</sup> <https://tse3.mm.bing.net/th?id=OIP.bIM2l7H01Mlaf3oMLpHdswHaFv&pid=Api> [16.09.23]

Auch wenn das Gehirn grundsätzlich als eine Einheit fungiert, weiß man aus Läsionsstudien, dass bestimmte Bereiche für die Verarbeitung von unterschiedlichen Sinnesreizen zuständig sind. Im Okzipitallappen findet die Verarbeitung visueller Reize statt, im Temporallappen werden auditive Reize verarbeitet, im Parietallappen befinden sich die motorischen und sensomotorischen Areale und der Frontalkortex steuert exekutive Funktionen, wie Arbeitsgedächtnis, Handlungsplanung oder inhibitorische Kontrolle, ein (Meinhardt, 2019).

Die beiden Hemisphären ergänzen sich bei der Verarbeitung von Sinnesreizen, indem sie unterschiedliche Teilaspekte verarbeiten und über den Balken miteinander kommunizieren. Trotz der überwiegenden Symmetrie der Hemisphären, gibt es auch Asymmetrien hinsichtlich Strukturen und Funktionen. So scheint die Sprache bei den meisten Menschen vorwiegend in den Sprachzentren der linken Hemisphäre verarbeitet und produziert zu werden. Eine weitere Besonderheit der Hemisphären der Großhirnrinde ist, dass die sensorischen und motorischen Areale der linken Hemisphäre die rechte Körperhälfte steuern und umgekehrt. Die Überkreuzung aufsteigender (sensorischer) und absteigender (motorischer) Nervenbahnen im Rückenmark führt dazu, dass beispielsweise ein Schmerz im rechten Zeigefinger von der linken Hemisphäre verarbeitet wird (Edelmann & Wittmann, 2019).

Ein evolutionär älterer Teil des Gehirns, der mit motiviertem Verhalten, Emotionen und Gedächtnisprozessen in Verbindung gebracht wird, ist das limbische System. Das limbische System befindet sich unterhalb der Kortexoberfläche und besteht aus mehreren Gehirnstrukturen, zu denen der Hippocampus und die Amygdala zählen (siehe Abbildung 5) (Jäncke & Edelmann, 2017). Der Hippocampus spielt eine wesentliche Rolle für die Speicherung von Gedächtnisinhalten, während die Amygdala mit starken (meist negativen) Emotionen in Verbindung gebracht wird (Bear et al., 2018). Jäncke und Edelmann (2017) zufolge kann das limbische System als ein System aufgefasst werden, welches *„den Organismus in die Lage versetzt, seine Bedürfnisse (angezeigt durch Emotionen) mit der gegenwärtigen, vergangenen und zukünftigen Umwelt in Einklang zu bringen“* (S. 46).

Eine besondere Leistung des Gehirns ist die Speicherung von Gedächtnisinhalten. Dabei gibt es Strukturen, die für die langfristige Stabilisierung (Konsolidierung) von Gedächtnisinhalten besonders relevant sind. So scheint insbesondere der Hippocampus eine zentrale Rolle für die Überführung von Gedächtnisinhalten vom Kurzzeitgedächtnis in das Langzeitgedächtnis zu spielen. Mittlerweile geht man allerdings nicht mehr davon aus, dass Gedächtnisinhalte an einem spezifischen Ort gespeichert werden, sondern dass sie in Form von spezifischen Aktivierungsmustern (Assemblies oder Engramme) angelegt werden, bei deren Aktivierung viele Neurone aus unterschiedlichen Regionen gleichzeitig feuern (Güntürkün, 2016).

**Abbildung 5:** Schematische Abbildung des limbischen Systems

Quelle: Ecosia Bildersuche<sup>14</sup>, Beschriftung von Autorin ergänzt

Erinnerungen bestehen aus Assoziationen unterschiedlicher Sinneswahrnehmungen und sind zudem immer emotional gefärbt. Dadurch reicht manchmal ein spezifischer Reiz aus, um die gesamte Erinnerung (in Form der Aktivierung der entsprechenden Assemblys) wieder hervorzurufen (Gruhn, 2013). So kann beispielsweise ein bestimmtes Musikstück eine lebendige Erinnerung an eine vergangene Klassenfahrt auslösen.

### 2.2.2 Gehirnreifungsprozesse im Kindes- und Jugendalter

Bei der Geburt ist das menschliche Gehirn noch nicht voll ausgereift und erreicht erst im Laufe der Kindheit mit etwa 10 Jahren seine volle Größe, wobei es sich auch über das zehnte Lebensjahr hinaus noch weiterentwickelt. Auch wenn sich bereits vor der Geburt Synapsen zwischen Nervenzellen gebildet haben, nimmt die Anzahl der Synapsen nach der Geburt bis zum 1. Lebensjahr massiv zu und erreicht im Alter von 3 Jahren seinen Höhepunkt. Diese Phase der Überproduktion von Synapsen wird auch als *Blooming* bezeichnet (Bear et al., 2018). Im Laufe Kindheit werden überschüssige Synapsen wieder abgebaut, was auch mit dem Zelltod von Nervenzellen einhergeht und als *Pruning* bezeichnet wird. Es werden dabei schätzungsweise 40% der Synapsen wieder abgebaut. Dies ist eine wichtige Entwicklungsphase und wird maßgeblich durch den Gebrauch oder Nicht-Gebrauch von Synapsen bestimmt („use it or lose it“). Mittlerweile geht man davon aus, dass auch in der Pubertät eine Phase der Neuordnung von Synapsen erfolgt. So nimmt die graue Substanz im Frontalkortex bis zum Alter von 12,5 Jahren (bei Jungen) bzw. 11,5 (bei Mädchen) zu, um dann wieder abzunehmen. Diese Abnahme hängt vermutlich mit der Reduktion der synaptischen Verbindungen zusammen (Jäncke & Edelmann, 2017).

Ein wesentlicher Gehirnreifungsprozess betrifft die sogenannte Myelinisierung. Darunter versteht man die „Ausbildung einer Myelinscheide, einer fettartigen Hülle um die Axone der Neurone, die die Signalübertragung beschleunigt und die Kapazität der

<sup>14</sup> <https://tse1.mm.bing.net/th?id=OIP.bqJx0PMkBFeopUHae-z7ZwHaFx&pid=Api>[17.09.23]

*Informationsverarbeitung erhöht*“ (Siegler et al., 2016, S. 99). Die mangelnde Myelinisierung führt dazu, dass Kleinkinder noch keine koordinierten Bewegungen ausführen können, da die somatosensorischen Nervenbahnen noch nicht „stabil“ genug sind. Bis zum Alter von etwa 22 Jahren nimmt die Myelinisierung kontinuierlich zu, wobei die Gehirnbereiche unterschiedlich schnell reifen (Bear et al., 2018). Hirngebiete, die für die Verarbeitung von Sinnesreizen verantwortlich sind, entwickeln sich zum Beispiel früher, als Hirngebiete, die für höhere kognitive Denkleistungen, sogenannte exekutive Funktionen zuständig sind. Exekutive Funktionen werden definiert als *„all jene mentalen Prozesse höherer Ordnung, die einem Menschen planmäßiges, zielgerichtetes und effektives Handeln ermöglichen, wobei diese u. a. Funktionen wie Antizipation, Planung, Handlungsinitiierung, Sequenzierung und Zielüberwachung, Koordinierung von Informationen und Prozessen, sowie kognitive Flexibilität wie die Umstellungsfähigkeit umfassen“* (Stangl, 2023). Die späte Reifung der für exekutive Funktionen zuständigen Hirngebiete könnte erklären, weshalb Jugendliche oft Schwierigkeiten hinsichtlich Selbstkontrolle und Disziplin haben (Jäncke & Edelman, 2017).

Die Umwelt spielt in Bezug auf mögliche Erfahrungen und damit auf Entwicklungs- und Reifungsprozesse des Gehirns eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung des Gehirns. Dabei wird grundsätzlich zwischen zwei Arten von Erfahrungen unterschieden: Zum einen Erfahrungen, die jeder Mensch in einer „normalen“ Umgebung macht, nämlich verschiedene Sinneserfahrungen, wie das Erleben visueller und auditiver Reize. Das Gehirn braucht und „erwartet“ diese Reize, um grundlegende Fähigkeiten, wie etwa den Sehsinn vollständig auszubilden. Dies wird als **erwartungsabhängige Plastizität** bezeichnet. *„Wenn die Erfahrung, die das sich entwickelnde Gehirn für die Feinabstimmung seiner Verschaltungen ‚erwartet‘, aus irgendeinem Grund ausbleibt, sei es wegen Reizarmut, sei es wegen Funktionsstörungen der Sinnesrezeptoren, kann die Entwicklung beeinträchtigt werden“* (Siegler et al., 2016, S. 102) Ein alltägliches Beispiel dafür ist die angeborene Linsentrübung bei Säuglingen, die, wenn sie nicht rechtzeitig erkannt und behandelt wird, zu irreversiblen Schäden im visuellen System führen kann (Lewis & Maurer, 2009). In diesem Zusammenhang wird auch von „sensiblen Phasen“ gesprochen. Damit sind Zeitfenster gemeint, in denen das Gehirn bestimmte Erfahrungen benötigt, um sich zu entwickeln (Siegler et al., 2016). Ein Extrembeispiel für die Auswirkungen frühkindlicher Deprivation stammen aus der psychologischen Entwicklungsforschung von rumänischen Heimkindern (O'Connor et al., 2000; Rutter, 1998; Rutter et al., 2007). Rumänische Säuglinge, die während des Ceaucescu-Regimes in einer reizarmen Umgebung ohne menschliche Zuneigung und Interaktion aufwuchsen, entwickelten starke Störungen.<sup>15</sup> Je jünger die Kinder beim Eintritt in das Heim waren und je mehr Zeit sie im Heim verbringen mussten, desto schlimmer waren die

---

<sup>15</sup> Wichtig erscheint mir an dieser Stelle zu erwähnen, dass die Heimkinder sich bereits in dieser Situation befanden und lediglich von Psycholog\*innen untersucht wurden.

Auswirkungen. So waren Säuglinge stark unterernährt, intellektuell entwicklungsverzögert und wiesen einen ungewöhnlich kleinen Kopfumfang auf (Rutter et al., 2007). Die rumänischen Heimkinder litten vor allem unter dem Mangel an menschlicher Nähe und Zuneigung. Diese frühen Beziehungserfahrungen sind jedoch wesentlich für die Reifung des Gehirns und der damit einhergehenden Entwicklung der Persönlichkeit (Hüther, 2009). Neuere Studien konnten zeigen, dass sich negative Beziehungserfahrungen und Traumata in der frühen Kindheit auch Veränderungen auf neuronaler Ebene bewirken, die bis ins Erwachsenenalter erkennbar sind (ebd.). So konnte in einer aktuellen Studie nachgewiesen werden, dass eine 24-stündige Trennung von der Mutter bei neun Tage alten Ratten zu einer Veränderung bestimmter Neuronen in der Amygdala und im Nucleus accumbens in den erwachsenen Rattengehirnen (verglichen mit einer Kontrollgruppe) führte (Aleksic et al., 2023). Die Studie deutet darauf hin, dass ein traumatisches Erlebnis in einer frühen Entwicklungsphase sich bis ins Erwachsenenalter auf neuronaler Ebene abbilden kann und leistete damit einen wichtigen Beitrag zur Frage des Zusammenhangs zwischen psychischen Störungen und traumatischen Erlebnissen.

Neben allgemeinen Sinneserfahrungen und Beziehungserfahrungen aus der Umwelt, die für eine gesunde Gehirnentwicklung notwendig sind, gibt es auch idiosynkratische Erfahrungen, die das Gehirn eines Kindes beeinflussen. Man spricht in dem Kontext von **erfahrungsabhängiger Plastizität** (Siegler et al., 2016). Wie sich dabei die Art der Umgebung bis auf die neuronale Ebene auswirkt, wurde in Tierexperimenten gezeigt. Ratten, die in einem anregenden Käfig voller Spielsachen aufwuchsen, bildeten mehr dendritische Verästelungen (dendritische Dornen) im sensomotorischen Kortex aus, als Ratten, die in einem kargen Käfig aufwuchsen (Johansson & Belichenko, 2002). Ratten, die in einer anregenden Umgebung aufwuchsen, schnitten außerdem besser und schneller in anschließenden Lerntests ab (beispielsweise Sale et al., 2009). Umstritten ist allerdings, ob man mithilfe einer anregenden Umgebung tatsächlich zu der allgemeinen Verbesserung der Gehirnentwicklung (und somit der Intelligenz) beitragen kann oder ob vielmehr das Ausbleiben von Reizen in einem kargen Käfig die Gehirnentwicklung der Ratten beeinträchtigt. Bisher zumindest konnte nicht nachgewiesen werden, dass sich die Gehirnentwicklung von Kindern durch eine besonders anregende Umwelt verbessern oder beschleunigen ließe (Goswami, 2005; OECD, 2007). Ambitionierte Eltern, die sich um die optimale Förderung ihrer Kinder sorgen, sollten unbesorgt sein, da Kinder in einer „normalen“ Umgebung in der Regel bereits genug Erfahrungen machen, die zu einer gesunden Entwicklung ihrer Gehirne beiträgt (Ruenzel, 2000).

### 2.2.3 Neuronale Plastizität

Eine zentrale Erkenntnis der Hirnforschung ist die enorme Anpassungsfähigkeit des menschlichen Gehirns bis ins hohe Alter, die als neuronale Plastizität bezeichnet wird. Plastizität meint dabei die „*durch Erfahrung ausgelöste Veränderung des Gehirns*“ (Jäncke & Edelman, 2017, S. 519) und ist eine grundlegende Voraussetzung dafür, dass Lernen möglich ist.<sup>16</sup> Ein einfaches Prinzip, welches dahinter liegt, ist die „Hebb-Regel“, die in den Neurowissenschaften wie folgt zusammengefasst wird: „*Neurons that fire together, wire together*“ (Liston et al., 2011, S. 1170). Diese Regel besagt, dass Neurone, die gemeinsam aktiviert werden („feuern“) stärkere Verbindungen untereinander ausbilden. Das gemeinsame Feuern von Neuronen wird dabei durch deren Gebrauch bestimmt. Verbindungen, die häufig gebraucht werden, werden gestärkt, Verbindungen die selten gebraucht werden, werden wieder abgebaut. Dadurch entsteht ein immer differenzierteres Netzwerk von Neuronen, das individuell an die Erfahrungen und Bedürfnisse des jeweiligen Menschen angepasst ist (Jäncke & Edelman, 2017). Während man lange Zeit der Überzeugung war, dass Erwachsene und ältere Menschen kaum noch lernfähig sind („Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmer mehr“), geht man heute davon aus, dass Lernprozesse grundsätzlich ein Leben lang möglich sind. Dies wird unter anderem durch Veränderungen der Übertragungseffizienz an den Synapsen sowie der Neuordnung synaptischer Gewichte<sup>17</sup> gewährleistet (Bear et al., 2018). Mittlerweile konnte sogar nachgewiesen werden, dass erwachsene Gehirne neue Nervenzellen ausbilden können, was lange Zeit für unmöglich gehalten wurde (Kjell et al., 2020). Nach wie vor gilt aber: je jünger ein Mensch ist, desto formbarer ist auch sein Gehirn (Eysenck & Keane, 2015; Jäncke & Edelman, 2017; Klöppel & Altenmüller, 2013; van Vugt et al., 2021).

Es wird zwischen der funktionellen und der strukturellen Plastizität unterschieden. Die funktionelle Plastizität bezieht sich auf eine veränderte Aktivierung, die strukturelle Plastizität auf ein verändertes Volumen der weißen und grauen Substanz bestimmter Hirnareale (Jäncke & Edelman, 2017). So wiesen nach einer Studie von Woollett et al. (2009) beispielsweise Londoner Taxifahrer\*innen, die für ihre Prüfung 25.000 Straßen und viele tausend Orte auswendig lernen mussten, ein größeres Hippocampusvolumen im Vergleich zu Nicht-Taxifahrer\*innen auf (Woollett et al., 2009). Der Hippocampus ist eine Gehirnregion, die mit Gedächtnis und räumlicher Orientierung in Verbindung gebracht wird. Hier würde man also von struktureller Plastizität sprechen. Je mehr Berufserfahrung die Taxifahrer\*innen hatten, desto größer war die graue Substanz ihres posterioren (hinteren) Hippocampus. Somit ging die Expertise der Taxifahrer\*innen mit einer für den Beruf spezifischen strukturellen Plastizität im Gehirn einher. Die strukturelle Anpassung an die Umweltbedingungen zeigte sich auch

<sup>16</sup> Genau genommen ist nicht klar, ob es sich tatsächlich um die Voraussetzung oder vielmehr um das neuronale Korrelat von Lernen handelt.

<sup>17</sup> Ausbilden neuer und abbauen alter Verbindungen bei gleichbleibender Anzahl von Synapsen.

darin, dass wiederum pensionierte Taxifahrer\*innen ein verringertes Hippocampusvolumen im Vergleich zu den Berufstätigen Taxifahrer\*innen aufwiesen. Den Autor\*innen zufolge könnte der Nicht-Gebrauch der räumlichen Merkfähigkeiten zu einer Reduktion der grauen Masse im Hippocampus geführt haben (Woollett et al., 2009). In einer weiteren Untersuchung konnte gezeigt werden, dass diejenigen Kandidat\*innen, die ihre Taxifahrerprüfung bestanden hatten, ein gesteigertes Hippocampusvolumen aufwiesen, im Gegensatz zu den gescheiterten Kandidat\*innen (Woollett & Maguire, 2011).

In der Plastizitätsforschung werden Gehirne von Expert\*innen mit Gehirnen von Noviz\*innen oder Laien verglichen, um eine mögliche neuronale Anpassung an eine häufig ausgeführte Tätigkeit zu finden (Querschnittsstudien). Berufsmusiker\*innen eignen sich dabei aus Sicht vieler Neurowissenschaftler\*innen besonders, da sie sehr früh mit einem bereichsspezifischen Training beginnen und über viele Jahre regelmäßig üben. Zudem ist Musizieren eine hochkomplexe Tätigkeit, die viele Hirnareale gleichzeitig beansprucht. Aus diesen Gründen müssten sich plastische Veränderungen im Gehirn deutlicher zeigen, als in anderen Expertise-Feldern (Herholz & Zatorre, 2012; Jäncke & Edelman, 2017; Klöppel & Altenmüller, 2013). So zeigen Streicher\*innen im Vergleich zu Nicht-Musiker\*innen eine größere sensorische Repräsentation der Finger der linken Hand im Motorkortex. Damit ist gemeint, dass ein größerer Bereich in der Motorrinde im Neokortex aktiv ist, wenn die Finger der Streicher\*innen stimuliert werden. Je früher die Streicher\*innen zu spielen begonnen hatten, desto deutlicher war der Unterschied zu den Nicht-Musiker\*innen (Elbert et al., 1995). Gaser und Schlaug (2003) fanden Unterschiede zwischen Berufsmusiker\*innen und Nicht-Musiker\*innen in Bezug auf das Volumen mehrerer Hirnareale, darunter dem Motorkortex und dem Audiokortex. Zudem wiesen Musiker\*innen, die im Alter von sieben Jahren mit dem Instrumentalspiel begonnen hatten, einen größeren *corpus callosum* („Balken“) im Vergleich zu Nicht-Musiker\*innen auf, was für eine stärkere Vernetzung beider Gehirnhälften spricht (Schlaug et al., 1995). Gleichzeitig weisen Expert\*innen bei der Bearbeitung experten-relevanter Aufgaben in fMRT-Messungen eine geringere Durchblutung und somit geringere Aktivität der beteiligten Hirnareale auf. Dies wird dahingehend interpretiert, dass die Aufgabenbewältigung bei Expert\*innen optimierter abläuft, was auch als „Prinzip der neurophysiologischen Optimierung“ bezeichnet wird (Jäncke & Edelman, 2017).

Bei vielen Forschungen im Bereich der Neuroplastizität handelt es sich um Querschnittsstudien. Das Problem bei diesen ist, dass es sich immer nur um Korrelationen handelt, aus denen sich nicht zwingend ein kausaler Zusammenhang ableiten lässt. Unterscheiden sich die Gehirne von Expert\*innen von Nicht-Expert\*innen *aufgrund* des jahrelangen Trainings oder bestanden die Unterschiede bereits *vorher* und haben gerade dazu geführt, dass diese Menschen Expert\*innen geworden sind? <sup>18</sup> Eine Möglichkeit dieser Frage

---

<sup>18</sup> Die klassische Frage nach dem Einfluss von Anlage oder Umwelt.

nachzugehen ist es, Gruppen zu vergleichen, die sich anfänglich nicht unterscheiden und nach unterschiedlichen Trainings verglichen werden (Längsschnittstudien). Bei einer solchen Längsschnittstudie konnte gezeigt werden, dass Kinder im Alter von sechs Jahren nach 15 Monaten wöchentlichen Klavierunterrichts vergrößerte Areale im Handmotorkortex und im Audiokortex im Vergleich zu einer Kontrollgruppe aufwiesen (Krista et al., 2009). In einer Studie mit Personen im Alter von 50 Jahren, die an einem 40-stündigen Golftraining teilgenommen hatten, konnte eine nachhaltige strukturelle Veränderung der beteiligten Hirnareale gemessen werden. Die Veränderung zeigte sich deutlicher bei den Teilnehmer\*innen, die am intensivsten trainiert hatten (Bezzola et al., 2012). Bangert und Altenmüller (2003) konnten zeigen, dass bereits eine 20-minütige Übephase auf dem Klavier bei Nicht-Musiker\*innen zu einer Veränderung der funktionellen Plastizität führte. Nach Vollendung der Übephase zeigte sich bei den Teilnehmer\*innen während einer auditiven Präsentation von Tönen eine Aktivierung der motorischen Areale. Umgekehrt ging das Klavierspiel auf einer stummen Tastatur mit einer Aktivierung der Hörareale einher.

Diese und viele andere Studien zeigen, dass das menschliche Gehirn sich schnell an Veränderungen in der Umwelt anpasst und langfristig strukturelle Veränderungen aufweist. Trotz der vielen Befunde, die die erstaunliche Plastizität des Gehirns belegen, sind die dahinterliegenden Mechanismen jedoch weitestgehend unbekannt (Jäncke, 2007).

### 2.3 Neurowissenschaften in der Kritik

Seit etwa einem Jahrzehnt werden Stimmen von Neuroskeptiker\*innen lauter, die die Vormachtstellung der Neurowissenschaften in den Medien sowie die allumfassenden Erklärungsansprüche und Zukunftsversprechen mancher Hirnforscher\*innen als überzogen kritisieren. Bücher wie *Neuromythologie: Eine Streitschrift gegen die Deutungsmacht der Hirnforschung* von Hasler (2012) oder *Neuromania* von Legrenzi und Kolleg\*innen (2011) sind diesbezüglich Beiträge, ebenso wie das *Memorandum ‚Reflexive Neurowissenschaft‘* um Felix Tretter, welches sich als „Gegenmanifest“ auf das in der Zeitschrift *Gehirn & Geist* veröffentlichte Manifest „Elf führende Neurowissenschaftler über Gegenwart und Zukunft der Hirnforschung“ (2004) bezieht. Auch populärwissenschaftliche Zeitschriften wie *Zeit Online*, *das Gehirn.info* oder *Psychologie Heute* schlossen sich dem Trend an und veröffentlichten Artikel, die die Deutungsmacht der Neurowissenschaften anzweifeln.<sup>19</sup> Ein wichtiger Vertreter des Neuroskeptizismus ist auch Jan Slaby, Philosophieprofessor der Freien Universität Berlin, der unter anderem die Reduktion des Menschen auf sein Gehirn kritisiert (Slaby, 2011). Manche der Kritikpunkte betreffen allerdings nicht ausschließlich die Neuroforschung, sondern viele Wissenschaftsdisziplinen. Dazu zählt etwa das Schubladen-Problem (Publication Bias), worunter die einseitige Veröffentlichung von Studien in Fachzeitschriften verstanden wird.

<sup>19</sup> <https://www.psychologie-heute.de/gesundheit/artikel-detailansicht/42273-memorandum-reflexive-neurowissenschaft.html>[21.09.23]

Wenn vorwiegend Studien publiziert werden, die signifikante Ergebnisse vorweisen können und alle negativen Ergebnisse unveröffentlicht bleiben, führt dies zu einer Verzerrung der Wahrheit. Gemeinsam mit dem hohen Publikationsdruck, dem Wissenschaftler\*innen ausgesetzt sind, kann dies zum unerwünschten P-Value-Hacking führen. Anstatt anfangs eine Hypothese aufzustellen und diese experimentell zu überprüfen, werden die Daten nach signifikanten Ergebnissen durchsucht und die Hypothesen im Nachhinein angepasst. Dieses Vorgehen kann bildlich damit verglichen werden, dass jemand einen Pfeil wirft und erst im Nachhinein sagt, wohin er zielen wollte. Neben dem P-Value-Hacking gibt es weitere Tricks und Mittel, um Daten zu „verschönern“. So kann beispielsweise das Unterlassen statistisch notwendiger Korrekturen zu falsch positiven Ergebnissen führen. Bei der Bildung von Neuomythen tragen Forscher\*innen selbst eine gewisse Mitschuld, wenn sie ihre Ergebnisse überinterpretieren oder methodisch unsauber vorgehen. Im Folgenden werden wesentliche Kritikpunkte in Bezug auf neurowissenschaftliche Forschung dargestellt und ihre Rolle als neue Leitwissenschaft hinterfragt.

### **2.3.1 Korrelation und Kausalität**

In neurowissenschaftlichen Publikationen, ist oft die Rede von „Neuronalen Korrelaten“ (beispielsweise Roehm, 2016). Damit ist gemeint, dass bestimmte psychischen Zustände mit neuronalen Aktivitätsmustern korrelieren (einhergehen). Doch nur weil Phänomene gleichzeitig auftreten, d. h. eine Korrelation besteht, muss das noch lange nicht bedeuten, dass die Aktivitätsmuster für den psychischen Zustand *ursächlich* sind. Korrelation darf niemals mit Kausalität verwechselt werden, das lernt man bereits im ersten Semester Psychologie. Mausfeld (2007) sieht ebenfalls eine Problematik darin, neurowissenschaftliche Befunde mit Erklärungen zu verwechseln. Das Korrelieren neurobiologischer Prozesse mit mentalen Prozessen sei keine Erklärung, sondern werfe im Gegenteil neue Fragen auf. So müsse man nun erklären, *warum* ein bestimmtes Aktivierungsmuster mit einem psychischen Zustand einhergeht. Die Verfasser des Memorandums „Reflexive Neurowissenschaft“ (Tretter et al., 2014) argumentieren, dass psychische Phänomene nicht nur mit neurobiologischen Prozessen, sondern auch mit der Aktivität vieler weiterer körperlicher Vorgänge, wie etwa der Herzmuskulatur oder der Atmung einherginge. Somit sei das Argument eine Verwechslung von notwendigen und hinreichenden Bedingungen. So müsse man beispielsweise atmen, um etwas zu leisten, was jedoch nicht bedeutet, dass alle menschliche Leistung als Atmung angesehen werden könnten. Die Tatsache, dass man ohne Gehirn nicht denken könne, sei eine Trivialität, ähnlich wie man auch ohne Beine nicht gehen könne. Die Autor\*innen plädieren daher dafür, dass man die *Spezifität* von Aktivitätsmustern für bestimmte mentale Prozesse nachweisen müsse. Doch gerade die Spezifität von Gehirnaktivitäten nachzuweisen ist relativ schwierig. Denn unser Gehirn ist fortwährend aktiv und mittlerweile ist klar, dass es keine Eins-

zu-Eins-Übertragung von Hirnregionen zu bestimmten Funktionen gibt. Vielmehr sind an einem Denkvorgang viele Hirnregionen beteiligt und umgekehrt erfüllt jede Hirnregion sehr vielfältige Funktionen (Tretter et al., 2014).

### **2.3.2 Validität und Generalisierbarkeit experimenteller Forschung**

Um standardisierte Experimente durchzuführen, ist es meist notwendig, das zu untersuchende Phänomen auf eine kontrollierbare Einheit herunterzubrechen. Die Bedingungen eines Experiments sollten für alle Versuchspersonen einer Experimentalgruppe gleich (standardisiert) sein, andernfalls ist das Ergebnis nicht quantitativ interpretierbar. Mithilfe eines standardisierten Vorgehens sollen Störquellen konstant gehalten werden (Siegler et al., 2016). So wird beispielsweise das prozedurale Gedächtnis, welches für automatisierte Fähigkeiten wie Fahrradfahren zuständig ist, mithilfe von einfachen Finger-Sequenzen untersucht (beispielsweise Wiestler & Diedrichsen, 2013). Dergleichen Experimente sollen Aufschluss über grundlegende Lernprozesse im Bereich des motorischen Lernens geben. Allerdings ist das Lernen von Finger-Sequenzen in einem Laborsetting nur schwer vergleichbar mit einem Kind, das gemeinsam mit seinen Eltern Fahrrad fahren lernt oder über Jahre hinweg ein Instrument übt.

Darüber hinaus geben die Messmethoden selbst bestimmte Studiendesigns vor. So ist es beispielsweise unmöglich, während einer „echten“ sozialen Interaktion die neuronale Durchblutung zu messen, denn dafür müssen Versuchspersonen in einem MRT-Scanner liegen. Die neuronalen Korrelate sozialer Interaktionen könnten stattdessen über die Präsentation verschiedener Bilder im MRT-Scanner untersucht werden. Doch dabei zeigt sich bereits das Problem: In einer MRT-Röhre zu liegen und Bilder von fremden Menschen zu sehen, die sich umarmen, ist bei weitem nicht dasselbe, wie eine solche soziale Interaktion selbst mitzuerleben. Die Hirnaktivität, die Forscher\*innen während des Experiments messen, könnte sich somit völlig von derjenigen Aktivität unterscheiden, die während einer sozialen Interaktion in einer natürlichen Situation auftritt. Anders gesagt stellt sich bei einem solchen Design die Frage, ob das Phänomen, in dem Fall soziale Interaktionen, *überhaupt* erfasst wird (mangelnde Validität). Darüber hinaus gelten die Ergebnisse zunächst einmal nur für die Situation in einem spezifischen Experiment für eine spezifische Stichprobe. Um Ergebnisse zu generalisieren, d.h. auch auf andere Situationen und Menschen übertragen zu können, müssen die Studienergebnisse entweder repliziert (wiederholt) werden, oder eine ausreichende große und breit gestreute Anzahl an Proband\*innen vorhanden sein, die die jeweilige Population adäquat repräsentieren. Häufig mangelt es jedoch an Replikationsstudien, was unter anderem daran liegt, dass sie von manchen Fachzeitschriften nicht publiziert werden (Ritchie, 2020). Zudem weisen insbesondere neurowissenschaftliche Untersuchungen aus Zeit- und Kostengründen häufig eine geringe Anzahl an Proband\*innen

auf. Das bedeutet, dass diese Ergebnisse gar nicht oder nur mit großer Vorsicht verallgemeinert werden können. Dieses Problem betrifft allerdings nicht nur die neurowissenschaftliche, sondern auch die psychologisch-experimentelle und empirisch-pädagogische Forschung (Siegler et al., 2016).

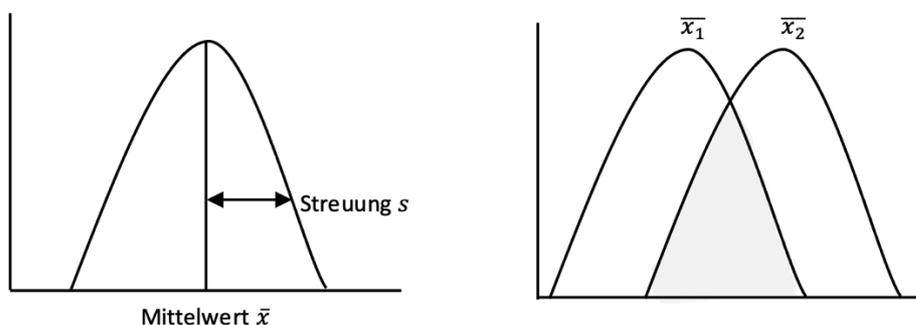
In der neurobiologischen Forschung werden zudem häufig Tierexperimente durchgeführt. Die Übertragbarkeit der Befunde auf den Menschen, insbesondere wenn es um höhere kognitive Funktionen geht, wird allerdings zuweilen kritisch betrachtet (Paulus, 2003). Zwar können basale Lernprozesse, wie etwa eine Furchtkonditionierung relativ gut auch auf den Menschen übertragen werden (Scheich, 2003), doch wenn es um höhere kognitive Prozesse, wie Kreativität oder soziale Moralvorstellungen, geht, ist durchaus fraglich, wie gut sich etwa ein Fadenwurm oder eine Ratte dafür eignet.

### **2.3.3 Allgemeine und differentielle Sichtweise**

Hirnforscher\*innen betonen immer wieder, dass Gehirne von Individuen sich sehr voneinander unterscheiden und zwar sowohl hinsichtlich ihrer anatomischen, als auch ihrer funktionellen Struktur (Hasler, 2012; Jäncke & Edelmann, 2017). Die enorme erfahrungsabhängige Plastizität des Gehirns hat zur Folge, dass jede und jeder von uns ein völlig einzigartiges Gehirn besitzt, das *„noch viel einzigartiger ist, als ein Fingerabdruck“* (Güntürkün, 2016, S. 21). Dennoch bekommt man oft den Eindruck von einem einheitlich strukturierten Gehirn, das bestimmte Aktivierungsmuster in bestimmten Situationen zeigt. Das liegt daran, dass in der quantitativen Forschung Durchschnittswerte berechnet werden, um allgemeingültige Phänomene zu finden (Rasch et al., 2014). Für den Einzelfall gelten diese Ergebnisse jedoch nicht. Wird ein Experiment mit 20 Personen durchgeführt, so erreicht jede Person einen unterschiedlichen Wert, was in der Statistik als Streuung oder Varianz bezeichnet wird. Im besten Falle sind die Werte um den Mittelwert dieser Gruppe normalverteilt, sodass die meisten Werte sich in der Nähe des Mittelwerts bewegen, während nur wenige Werte an den Rändern liegen (Normalverteilung, siehe Abbildung 6). Gibt es beispielsweise eine Kontrollgruppe mit 20 Personen, so streuen die Werte ebenfalls um den Mittelwert dieser Gruppe. Meist ist es so, dass die beiden Verteilungen der Experimental- und Kontrollgruppe sich überschneiden (Rasch et al., 2014). Nur dadurch, dass die Werte beider Gruppen jeweils gemittelt werden, unterscheiden sich die Gruppen statistisch gesehen voneinander. Auf der Ebene einzelner Individuen ist der Unterschied jedoch oftmals nicht sichtbar. So gibt es beispielsweise viele Untersuchungen, die Unterschiede zwischen Männern und Frauen finden. Die Mittelwertsunterschiede von Männern und Frauen lassen allerdings außer Acht, dass die Varianz innerhalb der Gruppe der Frauen oder der Männer möglicherweise viel größer ist, als der Unterschied zwischen den Mittelwerten. So mag es vielleicht sein, dass Männer durchschnittlich bessere räumliche Fähigkeiten besitzen, während

Frauen im Durchschnitt empathischer sind. Im Einzelfall kann dies aber genau umgekehrt sein, sodass eine spezifische Frau sehr gute räumliche Fähigkeiten besitzt, während ein spezifischer Mann besonders empathisch ist. Die Mittelung von Ergebnissen über viele Messungen hinweg ist für Forscher\*innen notwendig, die nach allgemeinen Gesetzmäßigkeiten suchen (Rasch et al., 2014). Für Pädagog\*innen und Psycholog\*innen, die es in der Praxis mit einzelnen Individuen zu tun haben, ist jedoch eine differentielle Sichtweise von größerer Bedeutung, die die Unterschiedlichkeit zwischen den Menschen hervorhebt (Krämer, 2013).

**Abbildung 6:** Normalverteilungskurven



*Anmerkung.* Schematische Darstellung einer Normalverteilungskurve (links) und der Überschneidung von zwei Verteilungen (rechts).

#### 2.3.4 Methodische Probleme funktioneller bildgebender Verfahren

Hasler (2012) zufolge manifestieren die Errungenschaften der modernen Hirnforschung in der technischen Weiterentwicklung bildgebender Verfahren, die augenscheinlich einen „Blick in das lebende Gehirn“ ermöglichen. Unter dem Begriff „bildgebende Verfahren“ werden Methoden zusammengefasst, die es erlauben, Rückschlüsse auf die anatomischen Strukturen und den zeitlichen Ablauf physiologischer Prozesse zu ziehen (Jäncke & Edelmann, 2017). Dabei wird zwischen der strukturellen und der funktionellen Bildgebung unterschieden. Während die strukturelle Bildgebung Rückschlüsse auf die anatomische Struktur, wie beispielsweise die Größe einer bestimmten Gehirnregion, gibt, stellt die funktionelle Bildgebung neuronale Aktivität dar.

Zu den strukturellen bildgebenden Verfahren zählt die Magnetresonanztomografie (MRT), bei der unter anderem die Anteile von weißer und grauer Substanz und die Dicke des Kortex geschätzt werden können (Jäncke & Edelmann, 2017). Zudem ist eine computergestützte Modellierung des untersuchten Gehirns im dreidimensionalen Raum möglich. MRT-Scanner gehören zur Standardausstattung in jedem Krankenhaus und sind ein fester Bestandteil der medizinischen Diagnostik. So können mit einer MRT-Untersuchung

beispielsweise Tumore frühzeitig entdeckt werden. Darüber hinaus hat die MRT auch viel zur Aufklärung von Gehirnreifungsprozessen und Prozessen der Neuroplastizität beigetragen. Hasler (2012) vergleicht die MRT mit einem Röntgengerät, das letztlich das abbildet, „*was tatsächlich da ist*“ (S. 39), im Gegensatz zu den funktionellen Bildgebungsverfahren, die die indirekte Gehirnaktivität berechnen und einen großen Interpretationsspielraum zulassen.

Ein funktionelles bildgebendes Verfahren, welches in den 1990er Jahren entwickelt wurde und viel Verwendung in der Hirnforschung findet, ist die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT, engl. fMRI). Bei der fMRT wird durch ein komplexes Messverfahren errechnet, wo im Gehirn eine stärkere neuronale Aktivität stattfindet. Die zugrundeliegende Annahme ist, dass Gehirnaktivität mit einem erhöhten Sauerstoffbedarf und einer erhöhten Blutzufuhr einhergeht. Diese Veränderung wird auch als Blood-Oxygen-Level-Dependent-Signal (BOLD-Signal) bezeichnet. FMRT-Scans seien somit in Haslers Worten „*nichts anderes als anschaulich aufbereitete grafische Darstellungen der statistischen Verteilung von zeitabhängigem Blutfluss und Sauerstoffbedarf im Gehirn*“ (Hasler, 2012, S. 42). Die Annahme, dass ein erhöhter Blutfluss und neuronale Aktivität miteinander zusammenhängen, ist allerdings nicht unumstritten. So zeigte die Studie von Devor et al. (2008), dass neuronale Aktivität zuweilen auch mit einer Reduktion des Blutflusses einhergehen kann. Die Korrelation zwischen neuronaler Aktivität und erhöhter Blutzufuhr liegt einer Meta-Analyse zufolge lediglich im Bereich von  $r = .5 - .7$  (Logothetis, 2008). Somit ist nicht gänzlich gesichert, dass die fMRT in allen Fällen eine erhöhte neuronale Aktivität darstellt. Eine weitere Schwierigkeit der Methode besteht darin, dass die BOLD-Reaktion zeitverzögert und langsam ist und im Sekundenbereich liegt. Aus Studien mit Hirnstromableitungen weiß man jedoch, dass kortikale Aktivität im Millisekundenbereich liegt (Jäncke & Edelmann, 2017). Hasler (2012) vergleicht diese Problematik mit den Anfängen der Fotografie, die aufgrund der hohen Belichtungszeiten nur unbewegte Objekte erfassen konnte. Ein Vorteil dieser Methode ist jedoch die hohe räumliche Auflösung, die bei 1–4 mm<sup>3</sup> liegt. Demnach kann relativ genau festgestellt werden, wo im Gehirn eine erhöhte Aktivität stattgefunden hat (Jäncke & Edelmann, 2017). Dies setzt allerdings voraus, dass Gehirnareale anatomisch korrekt zugeordnet werden. Ganz besonders heikel scheint dabei die Zuordnung der Amygdala<sup>20</sup> zu sein, da sie relativ klein ist und auf fMRT-Bildern mit geringerer Auflösung nicht leicht zu erkennen ist. Eine Studie, welche der Frage nach der Trefferquote in 114 Bildgebungsstudien nachgegangen ist, enthüllte, dass nur knapp die Hälfte der mit *Amygdala* gekennzeichneten Signale mit einer Wahrscheinlichkeit von über 80% tatsächlich die Amygdala darstellten (Ball et al., 2009). Bei 12% der „Amygdala-Signale“ kamen die Signale nicht aus der Amygdala, sondern aus dem Hippocampus<sup>21</sup> (Hasler, 2012).

---

<sup>20</sup> Die Amygdala ist Teil des limbischen Systems (siehe Abbildung 5).

Um fMRT-Abbildungen zu erhalten sind viele Rechenschritte notwendig. Dazu gehört auch der statistische Vergleich mehrerer Messungen, was in der Fachsprache als „Multiple Vergleiche“ bezeichnet wird (Huettel et al., 2009). Das Problem an diesen Multiplen Vergleichen ist, dass sie ohne eine entsprechende statistische Korrektur zu falsch positiven Ergebnissen führen können. Das heißt, dass Ergebnisse entstehen, die in Wirklichkeit nicht da sind, was als Fehler 1. Art oder Alpha-Fehler bezeichnet wird (Rasch et al., 2014). Die Forscher Craig Benett, Michael Miller und George Wolford haben das Problem der multiplen Vergleiche auf der Human Brain Mapping Konferenz im Jahr 2009 auf humorvolle Art und Weise veranschaulicht. Sie präsentierten die Ergebnisse einer fMRT-Studie, bei der die neuronalen Korrelate der Wahrnehmung menschlicher Interaktionen untersucht wurden. Zu diesem Zweck zeigten sie ihrer „Versuchsperson“ verschiedene Fotos von menschlichen Interaktionen in einem MRT-Scanner. Das Bemerkenswerte an der Studie war, dass die „Versuchsperson“ in einem toten atlantischen Lachs bestand. Ohne eine statistische Korrektur der Multiplen Vergleiche fanden die Forscher „Hirnaktivierungsmuster“ im toten Lachshirn, die sich als bunte Aktivierungsmuster in Hirnscans darstellen ließen. Nach der Korrektur waren die Ergebnisse jedoch wieder verschwunden. Dieser in der Fachwelt humorvoll bezeichnete „Lachs des Zweifels“ sollte veranschaulichen, wie wichtig die korrekte Anwendung statistischer Analysen ist (Hasler, 2012). Das dies zum Zeitpunkt der Konferenz noch nicht die Regel war, zeigte eine Analyse verschiedener renommierter Fachzeitschriften, darunter Cerebral Cortex, NeuroImage oder Human Brain Mapping. Demnach gaben zwischen 25 und 40 Prozent der Fachartikel keine Korrektur für Multiple Vergleiche an (Ball et al., 2009). Allerdings scheint sich das mittlerweile verbessert zu haben. In einer Analyse von 388 Fachartikel, die im Jahr 2017 in Pubmed publiziert worden waren, gaben immerhin 96 Prozent eine Korrektur Multipler Vergleiche an (Yeung, 2018).

Während noch vor wenigen Jahrzehnten statistische Verfahren mühevoll und analog berechnet werden mussten, kann heutzutage jede\*r mit nur wenigen Mausklicks Ergebnisse berechnen. Allerdings ist es nach wie vor sehr schwierig, diese Ergebnisse sinnvoll zu deuten. Je nach Hypothese, Interessensgebiet oder ‚Glaubensrichtung‘ werden die Daten anders interpretiert. Das ist der Grund, weshalb viele Neuroskeptiker\*innen die wissenschaftliche Seriosität vieler Studien anzweifeln und sie als „Kleckskunde“ (engl. „blobology“) bezeichnen (Hasler, 2012). Besonders in der neu gegründeten Disziplin der Neuro-Politik scheint dies zumindest in populärwissenschaftlichen Zeitschriften ein durchaus berechtigter Vorwurf zu sein. In einer umstrittenen Bildgebungsstudie aus dem Jahr 2007 zum „Potenzial“ der Präsidentschaftskandidaten in den USA wurden unentschlossene Wähler\*innen in den MRT-Scanner gelegt, nachdem sie einen Fragebogen über den Sympathiegrad einzelner Politiker\*innen abgegeben hatten (Iacoboni et al., 2007). Den Proband\*innen wurden Fotos und Reden der Kandidat\*innen gezeigt und dabei ihre Hirnaktivierung gemessen. Hilary

Clinton „aktiviert“ den Anterioren Cingulären Cortex<sup>22</sup> (ACC) bei Proband\*innen, welche angegeben hatten, sie nicht zu mögen. Dies deuteten die Forscher\*innen der University of California in Los Angeles und des Neuro-Marketing-Unternehmens FKF Applied Research als einen „inneren Kampf“ gegen eine nicht eingestandene Sympathie für Clinton. Die Aktivierung der Amygdala wurde als „Wählerangst“ und die Aktivierung der Insula als „Ablehnung“ interpretiert. In einer anderen Studie, die unter dem Titel „Linksliberale haben mehr Gefühl“ im Tagesspiegel 2011 veröffentlicht wurde, sah man den größeren ACC der Linksliberalen hingegen als Zeichen für mehr Mitgefühl und Empathie (Müller-Lissner, 2011). Der ACC scheint für die verschiedensten Denkprozesse verantwortlich gemacht zu werden:

Eine Aktivierung dieser Hirnregion findet man nicht nur bei frisch Verliebten und amerikanischen Wechselwählern, die Bilder von Hillary Clinton sehen, sondern auch wenn chinesisch-englische Zweisprachige bei der Wortbildung eine der Sprachen hemmen, wenn Frauen zwischen potenziellen Sexpartnern wählen müssen, wenn Esssüchtige einen Schokolade-Milkshake vorgesetzt bekommen, wenn Männer an die eigene Sterblichkeit erinnert werden, wenn man Vegetariern Bilder von Tiermisshandlungen zeigt, wenn sich Optimisten positive Begebenheiten vorstellen oder wenn man im MRT-Scanner gekitzelt wird. (Hasler, 2012, S. 50)

An diesen Beispielen wird deutlich, dass es kaum möglich ist, Hirnregionen wie dem ACC oder der Insula spezifische psychische Zustände zuzuschreiben. Hasler (2012) hinterfragt darüber hinaus die Existenz spezifischer neuronaler Korrelate von komplexen psychischen Vorgängen wie Neid, Liebe, Moral oder Eifersucht. Letztlich seien die Aktivierungsmuster, die in fMRT-Abbildungen zu sehen sind, nichts anderes, als eine indirekt errechnete Hirnaktivität. Man sieht in entsprechenden Abbildungen wo im Gehirn in den letzten Minuten besonders viel Sauerstoff verbraucht wurde und schließt daraus auf die neuronale Aktivität, was jedoch relativ wenig über die dahinterliegenden neuronalen Prozesse aussagt (Strack, 2009).

### **2.3.5 Unrealistische Zukunftsversprechen**

Ich bin sicher, dass wir in absehbarer Zeit die Voraussetzungen erkennen, die eine optimale Vernetzung ermöglichen, und ich vermute, dass uns hier auch die Neurogenetik helfen wird. (...) Das musikalische Gedächtnis wird besser charakterisiert werden: Wie und wo sind die Zehntausende von Melodien und Rhythmen gespeichert? Wie werden sie abgerufen? Und warum können durch Musik ganze Erinnerungstürme ausgelöst werden? Die neuronalen

---

<sup>22</sup> Eine bestimmte Windung im Präfrontalkortex.

Grundlagen haben wir erst in Ansätzen verstanden, aber das wird sich sicher aufklären lassen. (Altenmüller, 2016, S. 165)

Eckart Altenmüller, Arzt, Musiker und Professor für Musikphysiologie und Musikermedizin an der Hochschule für Musik, Theater und Medien Hannover, scheint sich seiner Sache sicher zu sein. Weiterhin führt er in seinem Aufsatz aus, dass die Hirnforschung *„in den nächsten Jahren die individuellen Voraussetzungen menschlichen Erlebens und Verhaltens viel genauer erkennen“* wird und gar eine Vorhersage von Ausnahmeleistungen in der Hochbegabungsforschung denkbar wäre (Altenmüller, 2016, S. 165). Mit solch selbstsicheren Zukunftsprognosen steht Altenmüller nicht alleine da. In einem 2004 verfassten „Manifest“ verkünden 11 Hirnforscher\*innen, welche Erfolge in den nächsten Jahren von der Hirnforschung zu erwarten sind. So ist beispielsweise die Rede von neuen, nebenwirkungsarmen Psychopharmaka, die Gründung einer „theoretischen Neurobiologie“, revolutionäre Neuroprothesen oder ein frühzeitliches Erkennen von psychischen Auffälligkeiten, Fehlentwicklungen und Verhaltensdispositionen (Manifest, 2004). Nicht zuletzt würde die Hirnforschung die „großen Fragen“ der Menschheit beantworten<sup>23</sup> und zu einem völlig neuen Menschenbild führen. Der Autor und Unternehmer Zack Lynch spricht gar von einer uns bevorstehenden „Neuro-Revolution“, die unsere Gesellschaft grundlegend verändern wird. In seinem Buch mit dem Titel „The Neuro Revolution“ werden Veränderungen prognostiziert, die uns in absehbarer Zeit in eine „neurosociety“, also eine „Neurogesellschaft“, führen würden. Dabei geht die Bandbreite der Vorhersagen von einwandfreien Lügen-Detektoren bis hin zu erweiterten spirituell-religiösen Erfahrungen (Lynch, 2009, zitiert nach Hasler, 2012). In Filmen und Serien wie beispielsweise Black Mirror werden Zukunftsszenarien von Mensch-Maschine-Interaktionen und Neuroprothesen dargestellt. „Sciencefiction“ würden manche sagen, doch Medizinethiker führen bereits Debatten über mögliche Folgen von *„kollektivem Hirndoping“* (Hasler, 2012, S. 178). Hasler zufolge gibt es für solche Überlegungen derzeit noch keinen realen Anlass. Auch Onur Güntürkün, Professor für Biopsychologie an der Ruhr-Universität Bochum, gibt in seinem Beitrag „Denken: Die Gedanken sind frei – aber werden sie das auch bleiben?“ Entwarnung. Bislang müssen wir nicht befürchten, von gedankenlesenden Geräten durchschaut zu werden und es ist fraglich ob es solche Geräte jemals geben wird (Güntürkün, 2016).

Die Neurowissenschaften stehen nicht erst seit den 2000er Jahren angeblich unmittelbar vor einer gesellschaftlichen Revolution. *„Wir stehen gerade an der Schwelle. Wohin wir gehen werden? Ich weiß es nicht. Aber es wird so schnell und so weit gehen, dass unsere wildesten Fantasien dagegen wohl erzkonservativ sind“*, so lautete die Prognose des ehemaligen National Institute of Mental Health Direktors Robert H. Felix in einer Reportage des *Life Magazin* im Jahr 1963 (Coughlan, 1963, zitiert nach Hasler, 2012, S. 226). Wie Hasler

---

<sup>23</sup> Zum Beispiel die Frage nach dem menschlichen Bewusstsein.

zugespitzt formuliert, befänden sich Neurowissenschaften rhetorisch bereits „*seit 50 Jahren auf der Schwelle zum Durchbruch*“ (Hasler, 2012, S. 226). Doch die groß angekündigte Neurorevolution sei bisher ausgeblieben. So sehen es auch die Autor\*innen des *Memorandum Reflexive Neurowissenschaft*. Das Positionspapier zieht 10 Jahre nach dem Manifest eine kritische Bilanz hinsichtlich der gesteckten Ziele und kommt zu einem ernüchternden Ergebnis: „*Die heutige Bilanz fällt aus unserer Sicht allerdings eher enttäuschend aus. Eine Annäherung an gesetzte Ziele ist nicht in Sicht.*“ (Tretter et al., 2014, S. 1) Das liegt den Autor\*innen zufolge hauptsächlich an der mangelnden Weiterentwicklung einer umfassenden Theorie und „*an zu wenig durchdachten naturalistischen Vorannahmen und Konzepten, die wünschenswerte Brückenschläge zur Philosophie, Psychologie und Kulturwissenschaft nachhaltig erschweren*“ (ebd., S. 1). Aus diesem Grund würden viele Hirnforscher\*innen das Erklärungspotenzial ihrer Disziplin überschätzen. Selbst die Autor\*innen des Manifests von 2004 geben in einem Interview zu, sich zumindest bezüglich der Theorie des Gehirns „*doch etwas überschätzt*“ zu haben (Könneker & Ayan, 2016). Andererseits wurden die Grenzen der Erkenntnis mittels bildgebender Verfahren im Manifest bereits angesprochen. Möglicherweise aufgrund der verschiedenen Autor\*innen verstrickte sich das Manifest jedoch in Widersprüche. So wurde einerseits angekündigt, man werde das „*kleine Einmaleins des Gehirns*“ verstehen, psychische Auffälligkeiten und Fehlentwicklungen vorhersagen und sogar das Menschenbild revolutionieren. Andererseits wurde eingeräumt, dass man das Gehirn nie vollständig erklären könne und keine Vorhersagen über individuelle Gehirne treffen könne, da das Gehirn viel zu komplex, individuell und unberechenbar sei. Ein neues Menschenbild wäre auch nicht zwingend erforderlich, nur weil man die Funktionsweise des Gehirns entschlüsselt habe (Manifest, 2004). Die Autor\*innen waren sich offenbar in einigen zentralen Punkten nicht ganz einig. Worin sich aber alle einig sind, ist die Tatsache, dass das Gehirn äußerst komplex ist. Es ist sogar noch komplexer, als Forscher\*innen bislang angenommen haben. Mit jedem neuen Detailwissen tauchen neue Fragen auf und obwohl immer mehr Puzzleteile entdeckt werden, bleibt das große Ganze nach wie vor im Dunkeln. Bis wir tatsächlich soweit sind, Gedanken zu lesen oder neurodegenerative Krankheiten zu heilen, wird vermutlich noch viel Zeit vergehen und zweifelhaft ist, ob sich manche Fragen *überhaupt* mit den Mitteln der Neuroforschung beantworten lassen.

### **2.3.6 Neuroreduktionismus und das Gehirn-Geist-Problem**

Was sich bereits in den 1990er Jahren anbahnte, ist nun Alltag geworden: Hirnforscher\*innen werden zu Talkshows eingeladen und geben öffentliche Statements zu gesellschaftlich relevanten Themen. Studien bildgebender Verfahren werden als Argumente für politische, philosophische oder gesellschaftliche Fragen herangezogen. Es geht dabei um Themen wie Bildung, Strafrecht, psychische Erkrankungen, Liebe, Marktforschung,

Wahlverhalten und sogar die Frage nach dem freien Willen (Hasler, 2012). Doch es gibt etwas, das sich bislang nicht mit neurowissenschaftlichen Mitteln beschreiben lässt: die subjektive Erste-Person-Perspektive, das Ich-Erleben, manche sagen dazu auch Geist oder Seele. Neurowissenschaftler\*innen können zwar indirekt die Hirnaktivität messen und sehen, dass beispielsweise die Amygdala besonders aktiv ist. Aber wie sich die Person fühlt, was sie im Augenblick gerade denkt – das können die besten Scanner der Welt nicht erfassen. Im Jahr 1974 verfasste der Philosoph Thomas Nagel den Aufsatz „Wie ist es eine Fledermaus zu sein?“, in dem er am Beispiel einer Fledermaus zeigt, dass es prinzipiell unmöglich ist herauszufinden, wie es sich anfühlt, eine Fledermaus zu sein (zitiert nach Hasler, 2012, S. 69). Egal wie viel wir über die Funktionsweise des Gehirns wissen, wir können nie die persönliche Erlebnisperspektive eines Menschen einnehmen – und das wird vermutlich für absehbare Zeit auch so bleiben. Doch wie kommt diese grundlegende Verschiedenheit von biochemischen Prozessen und geistigem Erleben zustande? Genau das ist die zentrale Frage des sogenannten Gehirn-Geist-Problems, auch unter dem englischen Ausdruck „the hard problem“ bekannt (Chalmers, 1995). Hasler beschreibt es wie folgt: *„Wie ist es möglich, dass aus physikalischer Materie, genauer gesagt dem eineinhalb Kilogramm schweren, 37°C warmen Stück Biomasse in unserem Schädel etwas qualitativ so vollständig Neuartiges wie Denken, Fühlen oder Erinnern hervorgehen kann?“* (Hasler, 2012, S. 69). Auch wenn Hirnforscher mittlerweile davon ausgehen, dass alles, was wir gerade in diesem Augenblick denken, fühlen, erinnern oder wahrnehmen, von einer Reihe biochemischer Prozesse hervorgebracht wird, ändert es nichts daran, dass sich die Qualität der äußeren Betrachtung unseres Gehirns mithilfe bildgebender Verfahren von unserer inneren, subjektiv erlebten Perspektive unterscheidet (Mausfeld, 2007). Hört eine Person beispielsweise eine Arie, so kann eine Neurowissenschaftlerin feststellen, dass diese Person emotional erregt ist, jedoch nicht, was die Person während des Hörens der Arie subjektiv erlebt (Jäncke, 2007). Göppel (2014, S. 9) gibt außerdem zu bedenken: *„Im Gegensatz zum menschlichen Gehirn lässt sich die Psyche nicht in Formaldehyd konservieren, lässt sich nicht in hauchdünne Scheiben hobeln, einfärben, präparieren, mikroskopieren, die dort bestehenden Spannungen lassen sich nicht messen, die Aktivität nicht im Scanner sichtbar machen“*. Wolfgang Prinz, einer der Autoren des Hirnforschungs-Manifests von 2004 gibt (im Kontrast zu anderen Aussagen des Manifests) zu bedenken, dass die Frage nach dem menschlichen Bewusstsein und der Subjektivität möglicherweise gar nicht mit neurowissenschaftlichen Mitteln erforschbar sei. Außerdem kritisiert er den *„kaum reflektierten Naturalismus“*, den manche Hirnforscher\*innen prägten. Menschen würden schließlich nicht nur durch ihre Natur, sondern vor allem auch durch ihre Kultur geprägt. Somit ließen sich soziale und kulturelle Phänomene nicht einfach auf Hirnphysiologie reduzieren. Hirnforschung könne zwar einiges erreichen, doch *„als neue Leitdisziplin, die sie gerne wäre, taugt sie jedenfalls nicht.“* (Manifest, 2004, S. 35)

Dennoch scheint es manchmal, als wäre die Hirnforschung die neue Leitwissenschaft und man könne ohne einen „Blick ins Gehirn“ keine wissenschaftlich abgesicherten Erkenntnisse mehr erlangen. Dies veranschaulichen auch die vielen Neuro-X-Disziplinen, welche sich Hasler (2012) zufolge mit der neuen Vorsilbe ein moderneres Image und mehr Forschungsgelder erhoffen. Doch was legitimiert die Hirnforschung eigentlich zu dieser Position? Hasler zufolge besteht eine große Diskrepanz zwischen den Ansprüchen der Hirnforschung einerseits und den empirischen Daten andererseits, was ihn auch zum Schreiben seiner Streitschrift veranlasst hat.

Was 1993 noch eine diffuse Befürchtung war, ist längst eingetreten. Die Hirnforschung ist zur Letztbegründungsinstanz geworden und erklärt nicht bloß ihren eigentlichen Untersuchungsgegenstand, sondern gleich auch noch die ganze Welt. (...) Für solches Gebaren besteht aber herzlich wenig Veranlassung. Ganz besonders können es nicht die experimentellen Daten der »neuen Wissenschaften des Gehirns« sein, die ein solches Auftreten legitimieren würden. Allzu groß ist die Diskrepanz zwischen den proklamierten Erfolgen beziehungsweise der lebensweltlichen Relevanz und der Belastbarkeit der empirischen Daten. Wenn überhaupt einmal explizite experimentelle Hirnforschungsbefunde in den öffentlichen Diskurs eingeführt werden – und nicht bloß Behauptungen aufgestellt – erweisen sich diese Befunde meist als erstaunlich banal. Oder schon kurze Zeit später als erstaunlich falsch. (Hasler, 2012, S. 225)

Ein Argument, das gerne von Neuroforscher\*innen vorgebracht wird, ist, dass alle höheren mentalen Prozesse, wie Denken, Lernen, Erinnern, Fühlen etc. auf biochemischen Prozessen beruhen und die Erforschung dieser Prozesse somit vor allem Sache der Neurowissenschaften sei (beispielsweise Spitzer, 2006). Der britische Biologe Semir Zeki hat diesbezüglich eine extreme Sichtweise: *„Mein Ansatz ist von einer Wahrheit bestimmt, von der ich denke, dass sie unumstößlich ist: dass jede menschliche Handlung von der Organisation und den Gesetzen des Gehirns bestimmt ist und dass es deshalb keine wahre Kunst- und Ästhetik-Theorie geben kann, außer wenn sie auf Neurobiologie beruht.“* (zitiert nach Hasler, 2012, S. 7). Die Tatsache, dass beispielsweise Lernprozesse auf biochemischen Prozessen im Gehirn beruhen, mag zwar korrekt sein, doch es ist ein Fehlschluss, daraus die Legitimation der Neuroforschung als Grundlagenwissenschaft etwa für die Pädagogik abzuleiten (Göppel, 2014). Denn Lernprozesse beruhen nicht nur auf neurobiologischen Prozessen, sondern genauso auch auf physiologischen Prozessen und vor allem auf Einflüssen aus der Umwelt (Siegler et al., 2016). Ohne Gehirn gäbe es kein Lernen, aber ohne Umwelt oder ohne Körper auch nicht. Das Gehirn wird oft als zentrales Steuerungsorgan bezeichnet, welches einordnet,

befiehlt, lernt, liebt und so weiter. Doch ein Gehirn alleine kann nicht handeln. Es sind die Menschen die handeln, denken, lieben, nicht nur ihre Gehirne (Tretter et al., 2014).

Letztlich ist die Reduktion des Menschen und all seiner intellektuellen und kulturellen Leistungen auf sein Gehirn als ‚neues Menschenbild‘ völlig unzureichend. In diesem einseitigen Raster ist der *Mensch als Subjekt und Person* in seiner Vielschichtigkeit nicht mehr zu fassen. Es ist immer die ganze Person, die etwas wahrnimmt, überlegt, entscheidet, sich erinnert usw., und nicht ein Neuron oder ein Cluster von Molekülen. (Tretter et al., 2014, S. 2)

## 2.4 Bedeutung der Neurowissenschaften für die Musikpädagogik

Das Interesse bezüglich der Neurowissenschaften hat in der Musikpädagogik und Pädagogik stark zugenommen (Kowal-Summek, 2018). Nicole Becker, Professorin für Pädagogik an der Universität Tübingen, meint dazu: *„Rein quantitativ betrachtet hat die Rezeption innerhalb der vergangenen zehn Jahre erheblich an Bedeutung gewonnen; doch damit ist nicht gesagt, ob diese Zunahme auch mit einer Veränderung auf der Ebene der Theoriebildung und Forschung einhergeht“* (Becker, 2014, S. 208). Besonders in populärwissenschaftlichen Medien wurde bisher der Eindruck erweckt, dass die Hirnforschung von zentraler Bedeutung für die Pädagogik sei. Dies zeigt sich etwa daran, dass sich renommierte Hirnforscher\*innen medienwirksam zu Themen wie Schule, Bildung und Lernen äußern.<sup>24</sup> Ein wesentlicher Auslöser für die öffentliche Diskussion über „Hirnforschung und Schule“ waren die unzufriedenstellenden Ergebnisse der ersten PISA-Studie im Jahr 2000 (Becker, 2006). Das vergleichsweise schwache Abschneiden deutscher Schüler\*innen im Ländervergleich wurde von manchen Hirnforscher\*innen zum Anlass genommen, die Bedeutung der Hirnforschung für die Pädagogik zu unterstreichen. Der Pädagogik wurde dabei unterstellt, bislang *„ohne jegliche Daten und nur aufgrund von vagen Theorien“* Reformen durchgesetzt zu haben (Spitzer, 2003, S. 39). Erst durch neurowissenschaftliche Erkenntnisse und naturwissenschaftliche Daten könnten bisherige Konzepte und Methoden angemessen validiert werden. Diese Annahme teilt auch der „neuro-euphorische“ Musikpädagoge Wilfried Gruhn: *„Die Hirnforschung kann manches, was man intuitiv schon immer ‚wusste‘, bestätigen oder widerlegen. Sie kann dazu dienen, pädagogische Hypothesen und Annahmen zu überprüfen (...)“* (Gruhn, 2013, S. 8). Eine Annahme, die dabei zugrunde liegt, ist, dass mehr Wissen über das Gehirn dazu beitragen könne, besser zu unterrichten. *„Lernen ist Gegenstand der Gehirnforschung (...) daher wird ein Lehrer, der weiß, wie das Gehirn funktioniert, besser lehren können“* (Spitzer, 2003, S. 39). Spitzer bemüht dabei den Vergleich eines Mechanikers, der seinen Motor besser reparieren kann, wenn er weiß, wie er funktioniert

<sup>24</sup> Beispielartikel: [https://www.focus.de/familie/eltern/familie-heute/hirnforscher-warnt-die-schule-wie-wir-sie-heute-kennen-hat-ausgedient\\_id\\_11682828.html](https://www.focus.de/familie/eltern/familie-heute/hirnforscher-warnt-die-schule-wie-wir-sie-heute-kennen-hat-ausgedient_id_11682828.html)[30.09.23]

(ebd.). Allerdings hinkt der Vergleich, da Motoren kein Bewusstsein besitzen und weitaus weniger komplex als menschliche Gehirne sind. Abgesehen davon, dass die Funktionsweise von Motoren bekannt ist, kann in Motoren direkt mit Werkzeugen eingegriffen werden, während das Gehirn immer nur indirekt beeinflusst werden kann (Göppel, 2014). Ob Lehrende tatsächlich dadurch, dass sie sämtliche neuronale Strukturen kennen, besser unterrichten, stellen viele Autor\*innen in Frage (Becker, 2014; Göppel, 2014; Stern, 2004). Für Manfred Spitzer ist die Sache eindeutig. In einem Interview sagt er: *„...das Gehirn ist das Organ des Lernens. Das muss jeden Lehrer interessieren. Heftig, wer sich nicht interessiert, der ist ziemlich ignorant. (...) Und Pädagogen, die sagen, wir brauchen kein Gehirn, um das Lernen zu verstehen, die haben einfach keine Ahnung“* (Kummer, 2012, S. 224). In dem Interview wird auch deutlich, dass er die ganze Debatte persönlich zu nehmen scheint. Seiner größten Kritikerin und Widersacherin Elsbeth Stern empfiehlt er, sie solle *„nicht nur rumrennen und immer nur rummosern“* (ebd.). In seiner Aussage wird auch klar, warum ihm die Wissenschaftlerin mutmaßlich so ein Dorn im Auge ist: *„Aber sie reist rum und schimpft und schimpft und schimpft und hat selber keine Ahnung von Gehirnforschung. Sitzt aber in dem Editorial Board einer Zeitschrift für Gehirnforschung und tut damit letztlich ganz viel verhindern“* (ebd.). Dabei äußert sich Stern in ihrem Beitrag zum Sammelband Neurodidaktik geradezu optimistisch gegenüber der Zusammenarbeit mit der Hirnforschung (Stern, 2004).

Hirnforscher\*innen und „neuro-enthusiastische“ Pädagog\*innen betonen dabei immer wieder, dass es nicht um einen *„Kampf der Disziplinen“* gehe, sondern um einen interdisziplinären Ansatz (Caspary 2006a, zitiert nach Kowal-Summek, 2018, S. 87). In den Augen mancher Hirnforscher\*innen könnten die Neurowissenschaften beurteilen, *„welche der zahllosen psychologischen, pädagogischen und soziologischen Konzepte des Lernens für ein normal funktionierendes Gehirn sinnvoll sind und welche nicht“* (Scheich 2003a, zitiert nach Becker, 2006, S. 182). Doch mit derartigen Aussagen erheben sich Neuroforscher\*innen über die Pädagogik, indem sie der Pädagogik unterstellen, keine ernst zu nehmende Forschung zu betreiben. Herzog (2023) zufolge, gäbe es darüber hinaus von Seiten dieser Hirnforscher\*innen kein wahres Interesse an einem Fachdiskurs mit Pädagog\*innen. Dies zeige sich unter anderem daran, dass nie auf pädagogische Quellen verwiesen wird. *„Pädagogik‘ umfasst für diese Autoren offenbar das, was man intuitiv über Erziehung, Schule und Unterricht weiß, was man aus eigener Erfahrung kennt und wofür man keine wissenschaftliche Fachliteratur konsultieren muss.“* (Herzog, 2023) Das Publikum, an das sich die Beiträge der Hirnforscher\*innen richtet, seien Praktiker\*innen und Bildungspolitiker\*innen (Herzog, 2023). Die Professorin für Pädagogik an der Universität Tübingen, Nicole Becker, meint ebenfalls: *„(...) wenn sich Hirnforscher selbst zu pädagogischen Themen äußern, hat das wenig mit Wissenschaft, dafür aber viel mit persönlichen Überzeugungen zu tun“* (Becker,

2014, S. 222). Becker verwehrt sich dabei gegen den Vorwurf von Hirnforscher Manfred Spitzer, der in einem Interview vor *„angewandter Hirnforschung durch Pädagogikprofessoren“* warnte (Kummer, 2012, S. 222).

In der öffentlichen Wahrnehmung gelten Hirnforscher\*innen als Experten zum Thema Lernen (Paulus, 2003). Zu fragen ist jedoch, wie der tatsächliche Nutzen neurowissenschaftlichen Erkenntnisse für die Pädagogik tatsächlich aussieht. Während manche in den Neurowissenschaften die neue Grundlagenwissenschaft für die Pädagogik sehen und sich eine „empirische Absicherung“ pädagogischer Konzepte erhoffen (Herrmann, 2020; Kummer, 2012), sehen andere in den Erkenntnissen der Neurowissenschaften in Bezug auf die Pädagogik keinen nennenswerten Gewinn (Becker, 2006; Westerhoff, 2011). Insbesondere den Anspruch einiger Neurowissenschaftler\*innen Lehr-Lern-Konzepte beurteilen zu können, sieht der Philosoph und Psychologe Stephan Schleim äußerst kritisch:

Die Behauptung aber, aus den Befunden der Hirnforschung ließen sich schon bessere Lernmodelle ableiten, war 2004 genauso falsch, wie sie es heute ist. Ihr fehlt es nicht nur an empirischen Belegen, sondern auch an theoretischer Plausibilität. (...) Was gutes Lernen ausmacht, zeigt sich letztlich in Situationen, in denen es auf das Gelernte ankommt: Wie gut jemand eine Sprache erwirbt, oder sich Geschichtsdaten merkt, machen wir am Verhalten fest – und nur daran. Wir brauchen das Wissen um die neuronalen Hintergründe also nicht zwingend, um erfolgreiches Lernen zu konstatieren. (Schleim 2014, S. 51, zitiert nach Göppel, 2014, S. 14).

Ein Grund dafür liegt in der Sache selbst: Neurobiologische Erkenntnisse sind deskriptiv, daher lassen sich keine direkten psychologisch-pädagogischen Konzepte daraus ableiten (Kowal-Summek, 2018). Becker (2014) sieht eine *„Lücke zwischen neurowissenschaftlichen Einsichten und den praktischen Schlussfolgerungen“* (S. 221) und das Problem einer *„praktische[n] Ableitung ohne nachvollziehbare konkrete Zusammenhänge zwischen neurowissenschaftlichen Befunden und pädagogischem Handeln“* (S. 220). Immer dann, wenn praktische Konsequenzen dennoch abgeleitet werden, gehen diese meist nicht über pädagogische Binsenwahrheiten und Trivialitäten hinaus (Herzog, 2023). Mediziner Manfred Spitzer sieht hingegen die Schuld für die voreiligen Schlüsse bei den Pädagog\*innen: *„Sie sollten immer dann, wenn die Botschaften von den Pädagogen kommen aufpassen. Ich sag’s mal ganz salopp, weil es sind ja nicht die Neurowissenschaftler, die ganz platte Sachen aus der Neurobiologie ableiten, sondern es sind die Pädagogen“* (Kummer, 2012, S. 222). Im selben Interview zählt er auf Nachfrage hin einige Erkenntnisse der Hirnforschung auf: *„Ja, dass das Gehirn immer lernt. Dass das Gehirn mit positiven Emotionen besser lernt als mit negativen. Dass man Wiederholung für das Lernen braucht. Dass Lernen eben auch implizites Lernen bedeutet, dass man eben nebenbei lernt“* (ebd.). Auch wenn Spitzer mit den *„platten*

*Sachen*“ auf das Problem der Neuromythen abzielt, so wirken die Erkenntnisse, die er auflistet nicht weniger „platt“. Dass beispielsweise Lernen durch *„die Motiviertheit und Glaubhaftigkeit des Lehrenden“* und durch *„die allgemeine Motiviertheit und Lernbereitschaft der Schüler“* (Roth, 2009, S. 62) beeinflusst wird, ist kaum eine revolutionäre Erkenntnis und lässt sich zudem wohl kaum aus neurowissenschaftlichen Erkenntnissen ableiten. Westerhoff (2011) sieht ebenfalls in den meisten Schlussfolgerungen der Neurowissenschaften in Bezug auf Lernen nichts Neues. Bereits Reformpädagog\*innen aus vergangenen Jahrhunderten hätten Forderungen verlautbart, die den Vorschlägen der Neurodidaktik gleichen. So etwa die Erkenntnis, dass *„weniger mehr“* sei, die bereits von Erasmus von Rotterdam im Jahr 1502 formuliert wurde (Westerhoff, 2011). Hirnforscher Gerhard Roth gibt diesbezüglich zu: *„Nichts von dem, was ich sagen werde, ist einem guten Pädagogen inhaltlich neu“* (Roth, 2009, S. 58). Seiner Meinung nach besteht *„der Fortschritt...vielmehr darin zu zeigen, warum das funktioniert, was ein guter Pädagoge tut, und das nicht, [sic] was ein schlechter tut“* (ebd.). Dabei stellt sich jedoch die Frage, ob neurowissenschaftliche Befunde tatsächlich, wie Roth behauptet, Erklärungen sind oder ob sie vielmehr neuronale Korrelate darstellen, die ihrerseits einer Erklärung bedürfen (siehe 2.3.1). Darüber hinaus würden Hirnforscher\*innen laut Becker nicht begründen, *„weshalb der Blick auf hirnanatomische oder -funktionelle Grundlagen tatsächlich bessere, im Sinne von empirisch verlässlicheren oder praktisch überzeugenderen Erkenntnissen zutage fördere, als es sozialwissenschaftliche oder psychologisch-experimentelle Forschung vermöge“* (Becker, 2014, S. 216). Gruhn (2013, S. 5) zufolge besteht eine Stärke neurowissenschaftlicher Messungen darin, dass sie ein *„tiefer gehendes Wissen über neuronale Prozesse begründen“*, welches durch reine Verhaltensbeobachtung in Leistungstests nicht zugänglich ist. Er nennt in diesem Zusammenhang eine Langzeitstudie zu musikalischem Lernen, in welcher beobachtbare Leistungsunterschiede, die sich zwischen zwei Gruppen nach einer gewissen Zeit herausstellten, bereits viel früher mit Hilfe von EEG-Messungen vorhergesagt werden konnten (Atenmüller et al., 2000, zitiert nach Gruhn, 2013).

Ein typisches Beispiel für die fragwürdige Ableitung von praktischen Konsequenzen aus Erkenntnissen der Hirnforschung findet sich bei Arnold (2009), wobei Arnold die 12 Prinzipien des „brain-based learning and teaching“-Ansatzes von Caine und Caine (1994) ins Deutsche übersetzt.<sup>25</sup> Aus den 12 Prinzipien werden jeweils praktische Schlussfolgerungen für das Lehren und Lernen gezogen. Fraglich ist bei diesem, wie vielen anderen Beispielen, ob sich die Prinzipien tatsächlich aus neueren Hirnforschungsdaten ergeben oder vielmehr auf evolutionsbiologischen und verhaltenspsychologischen Argumenten fußen.

1. Prinzip: Lernen ist ein physiologischer Vorgang. → Schüler lernen effektiver, wenn sie Erfahrungen machen können, die vielfältig ihre Sinne ansprechen.

---

<sup>25</sup> Caine & Caine sind keine Hirnforscher\*innen, sondern Pädagog\*innen, die sich in den USA für gehirngerechtes Lehren und Lernen einsetzen.

2. Prinzip: Das Gehirn ist sozial. → Schüler lernen effektiver, wenn in den Lernprozess soziale Interaktionen einbezogen werden.
3. Prinzip: Die Suche nach Sinn ist angeboren. → Schüler lernen effektiver, wenn ihre Interessen und Ideen miteinbezogen werden.
4. Prinzip: Sinnsuche geschieht durch die Bildung von (neuronalen) Mustern. → Schüler verstärken und erweitern ihr Lernen, wenn neue Muster mit dem vorhandenen Vorwissen verbunden werden.
5. Prinzip: Emotionen sind wichtig für die Musterbildung. → Schüler lernen effektiver, wenn durch Informationen und Erfahrungen begleitende positive Emotionen hervorgerufen werden.
6. Prinzip: Das Gehirn verarbeitet Informationen in Teilen und als Ganzes gleichzeitig. → Schüler lernen effektiver, wenn ihnen ein Verständnis des Ganzen vermittelt wird, das die Details miteinander verbindet.
7. Prinzip: Lernen erfolgt sowohl durch gerichtete Aufmerksamkeit, als auch durch periphere Wahrnehmung. → Schüler lernen effektiver, wenn ihre Aufmerksamkeit vertieft wird und wenn zugleich Lernumgebungen geschaffen werden, die den Lernprozess unterstützen, dass die Aufmerksamkeit nicht abgelenkt wird.
8. Prinzip: Lernen geschieht sowohl bewusst als auch unbewusst. → Schüler lernen effektiver, wenn sie Zeit haben ihr eigenes Lernen zu reflektieren.
9. Prinzip: Es gibt mindestens zwei Arten von Gedächtnis. Die eine ist die Speicherung und Archivierung von isolierten Fakten, Fertigkeiten und Abläufen, die andere ist die gleichzeitige Aktivierung vielfältiger Systeme, um Erfahrungen sinnvoll zu verarbeiten. → Schüler lernen effektiver durch Verknüpfungen von Informationen und Erfahrungen, die vielfältige Erinnerungswege zulassen.
10. Prinzip: Lernen ist entwicklungsabhängig. → Schüler lernen effektiver, wenn ihre individuellen Unterschiede hinsichtlich Entwicklung und Reife, Kenntnissen und Fertigkeiten berücksichtigt werden.
11. Prinzip: Komplexes Lernen wird durch Herausforderungen gefördert, durch Angst und Bedrohung verhindert, was von Hilflosigkeit und Erschöpfung begleitet ist. → Schüler lernen effektiver in einer unterstützenden, motivierenden und herausfordernden Umgebung.

12. Prinzip: Jedes Gehirn ist einzigartig → Schüler lernen effektiver, wenn ihre einzigartigen individuellen Talente, Fähigkeiten und Fertigkeiten angesprochen werden. (Arnold, 2009, S. 189–192)

Der Musikpädagoge Michael Dartsch kritisiert die voreiligen naturalistischen Fehlschlüsse, bei denen „vom Sein auf das Sollen geschlossen wird“ (Dartsch, 2013, S. 12). Überspitzt formuliert, würde nach dieser Logik die Feststellung, dass der Mensch vom Affen abstamme, zu der Schlussfolgerung führen, dass der Mensch daher wie ein Affe leben solle (Tremel 2004, zitiert nach Dartsch, 2013). Die Behauptung, Schüler\*innen würden am effektivsten im Kontext sozialer Interaktion lernen, die sich aus dem zweiten Prinzip ableitet, sei laut Dartsch zu einseitig. „Eine Sichtweise, die das soziale Lernen verabsolutiert, übersieht, dass Lernen auch in der Auseinandersetzung des Einzelnen mit der Sache stattfindet“ (Dartsch, 2013, S. 13). An dieser Stelle sei erwähnt, dass sich das Prinzip, dass das Gehirn sozial sei, nicht etwa aus Forschungsbefunden ableitet, sondern auf anthropologischen und evolutionsbiologischen Überlegungen fußt (beispielsweise Hüther, 2013). Generell sei laut Dartsch die Einseitigkeit der Empfehlungen problematisch. Besser sei es in Polen zu denken, wobei beide Pole je nach Situation ihre Berechtigung haben (beispielsweise sozial vs. individuell, mehrkanalig vs. Fokus auf einen Sinn, entdecken vs. gezeigt bekommen, körperlich vs. geistig, bewusst vs. unbewusst). Aus den beiden Prinzipien, dass Lernen ein physiologischer Vorgang sei und dass Lernen auch unbewusst stattfinde, leite sich Dartsch zufolge keine praktische Konsequenz ab. „Streng genommen bräuchte man ja keinerlei Anstrengungen zu unternehmen, um den gesamten Körper einschließlich aller Sinne beim Lernen einzubeziehen, denn das Lernen wird ja per se als körperlicher Vorgang angesehen, sodass der Körper sowieso beteiligt sein sollte“ (Dartsch, 2013, S. 12) Dasselbe gelte auch für unbewusstes Lernen. Die Empfehlungen von Caine und Caine seien zudem methodisch unspezifisch und würden eher Zielvorstellungen darstellen. So seien positive Emotionen beim Lernen mehr ein Ziel von Unterricht, als eine Methode. Des Weiteren fragt Dartsch nach der Vereinbarkeit der Prinzipien „das Gehirn ist sozial“ und „jedes Gehirn ist individuell“, die von Caine und Caine nicht thematisiert wird. Die Erkenntnis, dass jedes Gehirn individuell sei, sei ziemlich banal und die daraus abgeleitete Empfehlung beruhe auf den Wertvorstellungen einer individualistischen Kultur. Ganz allgemein unterlägen die meisten Schlussfolgerungen bestimmten Werten und pädagogischen Grundüberzeugungen. So sei beispielsweise die Feststellung, dass Aufmerksamkeit sowohl peripher als auch gerichtet sei, nur von der Empfehlung einer der beiden Aufmerksamkeitsarten gefolgt (Dartsch, 2013). Auch Howard Gardner, Psychologe und Professor der Harvard University, unterstreicht, dass es bei Erziehungsfragen immer auch um kulturelle Werte geht. Seiner Meinung nach gebe es keine pauschal „gute“ oder „schlechte“ Erziehung, da es darauf ankommt, was wie erreicht werden soll:

However, we cannot simply claim that we should make more or better use of these billions of neurons for educational purposes, let alone that we know how to do so. It depends on the desired purposes, how they are to be achieved, even whether more or less “use” is a good thing. The educational claim turns out to be either circular or vacuous. Indeed, once one moves from “science” to “education” one has indubitably entered the realm of cultural values. Simply put, there is no good education or bad education. It all depends on what you want to achieve, how, and over which time period, and at what costs. (Gardner, 2020, S. 2)

Das Ziel der Neurodidaktik besteht darin, das Lernen und Lehren dank neurowissenschaftlicher Erkenntnisse „effizienter“ zu gestalten (Herrmann, 2020). Inhaltliche und methodische Fragen werden dabei jedoch nicht beantwortet. So kann ein Neurodidaktiker zwar behaupten, dass Schüler\*innen Vorwissen benötigen, um neue Inhalte besser zu lernen. Er kann aber nicht beurteilen, *welches* Vorwissen Schüler\*innen brauchen, um den neuen Inhalt zu verstehen. Dies bleibt die Aufgabe der Lehrenden. Ebenso wenig können Neurodidaktiker\*innen die Frage beantworten, wie die ihrer Ansicht nach förderlichen Rahmenbedingungen (beispielsweise Eigenmotivation oder positive Gefühle) methodisch erreicht werden. Und schließlich obliegt die Frage nach den Lernzielen der Bildungstheorie (Dartsch, 2013). *„Dabei meint ‚Bildung‘ im empathischen Sinne des Wortes stets mehr als ‚Lernen‘, als bloße Aneignung von Wissensstoff oder von Methoden und Kompetenzen der Problembearbeitung“* (Göppel, 2014, S. 11). Gruhn (2013) zufolge ginge es in der neurowissenschaftlichen Forschung nicht darum, bildungstheoretische oder künstlerisch-ästhetischen Fragen zu beantworten. Der Beitrag, den Neurowissenschaftler im Bereich der (Musik-)Pädagogik leisten könnten, sei die *„Klärung der neurobiologischen Grundlagen musikalischen Lernens“*, die dann einen *„wichtigen Beitrag zum Verständnis der prozeduralen und situativen Bedingungen für ein erfolgreiches Lernen liefern“* könnten (Gruhn, 2013, S. 4). Er betont allerdings, dass sich diese Erkenntnisse niemals unmittelbar im Musikunterricht anwenden ließen. Gruhn zufolge ginge es nicht darum, Erkenntnisse der Hirnforschung unmittelbar in eine Unterrichtspraxis zu übertragen, denn *„empirische Forschung kann nicht ohne weiteres in praktisches Handeln übersetzt werden“* (Kowal-Summek, 2018, S. 88). Er kritisiert in seinem Artikel *„Anmerkungen zum Verhältnis von Neurowissenschaften und (Musik)Pädagogik“*, die großen Erwartungen, die Pädagog\*innen an die Hirnforschung und die Neurodidaktik stellen würden.

Die Vorsilbe ‚Neuro‘ löst bei Pädagogen oft euphorische Erwartungen aus, mit Hilfe der Hirnforschung nicht nur Lernvorgänge besser erklären, sondern das Fach Musik auch curricular legitimieren zu können. Der Mozart-Effekt (...) ebenso wie das Programm des *brain based learning* oder die Neurodidaktik

insgesamt bedienen die Erwartung, dass die Hirnforschung mit ihren empirischen Befunden und bunten Aktivierungsbildern all das erklären und beweisen könne, was Pädagogen für ihren Unterrichtsalltag brauchen. Von der Beobachtung der Prozesse im aktiven Gehirn wurden allzu leicht und meist zu schnell Rückschlüsse auf das Lernen und Forderungen an ‚hirngerechtes‘ (*brain based*) Lehren und Lernen gezogen. (Gruhn, 2013, S. 4)

Bei dieser Aussage wird deutlich, dass Gruhn das Problem ausschließlich bei der übertriebenen Euphorie der Pädagog\*innen, nicht aber bei den teils fragwürdigen Aussagen mancher Hirnforscher\*innen sieht. Berührungspunkte zwischen neurobiologischer und musikpädagogischer Forschung sieht Gruhn vor allem im Bereich des Musiklernens. Dies betrifft:

- 1) die Vorgänge der Wahrnehmung und Kognition,
- 2) die Motorik des Instrumentalspiels und deren mögliche Störungen,
- 3) die Bildung mentaler Repräsentationen aller auf Musik gerichteten Tätigkeiten,
- 4) die Speicherung von Gedächtnisinhalten sowie
- 5) die Verknüpfung musikalischer Wahrnehmungen mit Emotionen.

(Gruhn, 2013, S. 4)

Die Erkenntnisse in diesen Bereichen kämen jedoch aus der Grundlagenforschung und könnten demnach nicht unmittelbar „*im Sinne präskriptiver Handlungsanweisungen überführt werden*“ (Gruhn, 2013, S. 5). Allerdings könne neurobiologisches Wissen dazu dienen, „*die eigene unterrichtliche Handlungskompetenz durch die Rückbindung an neurobiologisches Wissen zu vertiefen*“ (ebd.). Gruhn zufolge können neurowissenschaftliche Erkenntnisse das pädagogische Expertenwissen zwar ergänzen und vertiefen, jedoch keine konkreten Aussagen über ein „richtiges“ oder „falsches“ Vorgehen im Unterricht treffen. Darüber hinaus gesteht er ein, dass guter Musikunterricht vermutlich auch ohne Hirnforschung auskomme und dass Musikunterricht weit mehr umfasst, als nur „Musiklernen“. Gleichzeitig ist er der Meinung, dass Musikpädagog\*innen wissen sollten, wie akustische Signale vom Gehirn verarbeitet werden, damit Musik entsteht und dass die Hirnforschung dazu dienen könne, pädagogische Annahmen und Hypothesen zu überprüfen (Gruhn, 2013). Hier deutet sich ein Widerspruch an, der sich immer wieder findet: Einerseits betonen Hirnforscher\*innen, wie wenig man über das Gehirn wisse und dass man aus neurobiologischen Erkenntnisse keine praktischen Konsequenzen ziehen könne, andererseits zeigen sie keinerlei Bedenken, wenn es darum geht, die Bedeutung neurowissenschaftlicher Befunde für die Pädagogik hervorzuheben oder Lehrkonzepte zu beurteilen (Kowal-Summek, 2018).

Die Frage nach dem Nutzen der Neurowissenschaften für die (Musik-)Pädagogik ist auch davon abhängig, was genau unter „neurowissenschaftlichen Erkenntnisse“ oder

„Erkenntnissen aus der Hirnforschung“ verstanden wird. Liest man Beiträge aus der Neurodidaktik, so scheint es, dass die meisten Autor\*innen mit diesen Ausdrücken sowohl kognitionspsychologische (Gedächtnispsychologie, Gestaltpsychologie, Lehr-Lern-Forschung) als auch neurobiologische Forschung meinen. Versteht man neurowissenschaftliche Forschung als einen Überbegriff für all diese Forschungsbereiche, so hat sie durchaus zu einem großen Wissensschatz beigetragen. Allerdings ist dieses Wissen bei weitem nicht so neu, wie es gerne dargestellt wird. So weiß man beispielsweise bereits seit einem Jahrhundert, dass Menschen die Tendenz haben, in Kategorien zu denken und Muster zu suchen (Erismann, 2019). Zur Erkenntnis, dass Erinnern mit aktiver Wissenskonstruktion einhergeht, ist man bereits in den 1930er Jahren experimentell gelangt (Siegler et al., 2016). Der zusätzliche Beitrag der neurobiologischen Forschung besteht in diesen Beiträgen meist in der Zuordnung kognitiver Aufgaben zu bestimmten Gehirnregionen und der Verwendung des Begriffs „neuronale Repräsentationen“ anstelle von „Gedächtnisinhalten“ (beispielsweise Arnold, 2009; Roth, 2009). Der Mangel an konkreten Studien, die die Bedeutung neurobiologischen Wissens für erfolgreiches Lernen nahelegen, unterstreicht diese Vermutung. So findet sich im Beitrag von Gerald Hüther „Die Bedeutung sozialer Erfahrungen für die Strukturierung des menschlichen Gehirns“ kein einziger Verweis auf eine Studie (Hüther, 2013). Becker stellt diesbezüglich fest, dass bei der praktischen Relevanz neurowissenschaftlicher Erkenntnisse auf populärwissenschaftliche Literatur zurückgegriffen wird:

Viele Autoren referieren vergleichsweise ausführlich den Aufbau des Nervensystems und die Funktionsweisen verschiedener Gehirnregionen sowie Neurotransmitter und ziehen, wenn es um praktische Schlussfolgerungen geht, populärwissenschaftliche Publikationen hinzu, in denen Neurowissenschaftler selbst die pädagogische Relevanz neurobiologischer Erkenntnisse herausarbeiten. Besonders häufig wird auf die Veröffentlichungen von Manfred Spitzer, Gerald Hüther, Gerhard Roth und Joachim Bauer verwiesen, die gleichzeitig auch mit zahlreichen eigenen Beiträgen in Sammelwerken und pädagogischen Zeitschriften vertreten sind. (Becker, 2014, S. 215)

Versteht man „neurowissenschaftliche Erkenntnisse“ als den Beitrag, den die moderne Hirnforschung mit bildgebenden Verfahren und neurobiologischen Untersuchung des Gehirns geleistet hat, so fällt die Bilanz sehr enttäuschend aus. Auch wenn neurobiologische Grundlagen interessant sind und Grundlagenforschung generell wichtig ist, so scheinen sie keinen unmittelbaren Nutzen für den Unterricht bereitzustellen.

Womöglich ist der Nutzen neurowissenschaftlicher Forschung da größer, wo eine Abweichung von der Norm besteht. Schumacher sieht etwa einen möglichen Nutzen von neurophysiologischen Untersuchungen im Bereich kognitiver Leistungs- und

Entwicklungsstörungen. Dabei betreffe der Nutzen sowohl die theoretische Erklärungsebene, als auch die Diagnose sowie die Mitentwicklung und Begleitung von Therapiemaßnahmen (Schumacher, 2013). Auch im Bereich der Musiker-Dystonie, eine Krankheit, bei der Musiker\*innen die Finger beim Spielen so sehr verkrampfen, dass sie sie nicht mehr einzeln bewegen können, könnte das Verständnis der dafür verantwortlichen neuronalen Mechanismen von Nutzen sein (Klöppel & Altenmüller, 2013).

Die vielleicht wichtigste Erkenntnis der modernen Hirnforschung liegt in der überraschend großen Anpassungs- und Lernfähigkeit des Gehirns und die Erkenntnis, dass das Gehirn kontinuierlich lernt. Viele Bereiche und Funktionen des Gehirns reifen erst im Laufe der Kindheit heran, was allerdings auch bedeutet, dass frühe Erfahrungen sich bis auf die Gehirnstruktur auswirken können. Auch wenn die meisten Empfehlungen der Neurodidaktik auf alten Erkenntnissen basieren, so trägt die mediale Präsenz der Hirnforschung immerhin dazu bei, dass Lehrende ihr pädagogisches Handeln neu überdenken (Becker, 2014). Madeja (2016, S. 176) sieht darüber hinaus die Chance, die hohe Reputation der Hirnforschung für die Durchsetzung von Schulreformen auszunutzen:

Die Beschreibung einer bekannten pädagogischen Erkenntnis durch die Methoden der Neurowissenschaft bringt zwar keinen wirklichen Erkenntnisgewinn, könnte aber als starkes zusätzliches Argument genutzt werden, um politische und andere Entscheidungsträger zu überzeugen, notwendige und sinnvolle Veränderungen und Investitionen in unserem Schulsystem vorzunehmen.

Stern sieht eine weitere Chance der Hirnforschung darin, zukünftig individuelle Leistungsunterschiede besser zu verstehen, vor allem dann, wenn herkömmliche Leistungsmaße an ihre Grenzen stoßen (Stern, 2004). Klar ist jedoch, dass Hirnforschung allein, nichts erreichen kann. Um Lehr-Lern-Prozesse zu verstehen und zu verbessern, braucht es einen interdisziplinären Ansatz auf Augenhöhe (Kowal-Summek, 2018). Überhebliche Einstellungen und unreflektierte Äußerungen einiger Hirnforscher\*innen ebenso wie eine grundsätzlich ablehnende Haltung stehen so einem Projekt jedoch eher im Wege.

### 3 Neuromythen

Der Begriff „Neuromythos“ lässt sich in die 1980er auf den Neurochirurgen Alan Crockard zurückführen, der damit unwissenschaftliche Ideen über das Gehirn in der medizinischen Kultur bezeichnete (Howard-Jones, 2014). Im Jahr 2002 machte das „Brain and Learning Projekt“ der Organization of Economic Co-operation and Development (OECD) auf das Problem von Missverständnissen über die Funktionsweise des Gehirns aufmerksam (OECD, 2002). Den Autor\*innen des OECD-Berichts zufolge entstehen Neuromythen „*by a misunderstanding, a misreading or a misquoting of facts scientifically established*“ (OECD, 2002, S. 111). *Educational Neuromyths* können als weit verbreitete, falsche bzw. vereinfachte Annahmen über Lernen und Gehirn verstanden werden (Sullivan et al., 2021).<sup>26</sup> Grospietsch und Lins (2021) zufolge sind Neuromythen Teil des übergeordneten Phänomens der *Scientific Myths*, also der Wissenschaftsmythen, die in verschiedenen naturwissenschaftlichen Bereichen existieren. Als Beispiel erwähnen sie den sich hartnäckig haltenden Ernährungs-Mythos vom Eisengehalt im Spinat. Dieser Mythos basierte auf Studienergebnissen, die einen zu hohen Eisengehalt von Spinat aufgrund falscher Messmethoden behaupteten (Sutton, 2016).<sup>27</sup> Ähnlich wie beim Spinat-Mythos, können die meisten Mythen auf eine ursprüngliche Forschung zurückgeführt werden, die entweder als solche fehlerbehaftet war oder aber zu übertriebenen und falschen Schlussfolgerungen geführt hat (Howard-Jones, 2014). Als Erklärung dafür, warum derartige Mythen sich so lange halten, haben Grospietsch und Lins (2021) drei psychologische Mechanismen postuliert:

- 1) Die bloße Erwähnung eines Mythos kann dazu führen, dass dieser im Langzeitgedächtnis gespeichert wird und dadurch eine Vertrautheit mit dem Mythos entsteht (engl. *familiarity backfire effect*).
- 2) Gehören die Mythen zur Weltsicht eines Menschen, weil sie beispielsweise in der Kindheit vermittelt wurden, so sind die Mythen resistent gegenüber Gegenargumenten (engl. *worldview backfire effect*).
- 3) Simple und plausible Mythen werden vor komplexeren Gegenargumenten bevorzugt (engl. *overkill backfire effect*).

Bei Neuromythen kommt noch hinzu, dass Artikeln mit neurowissenschaftlichen Argumenten mehr Glauben geschenkt wird, als Artikeln ohne neurowissenschaftliche Argumente (Weisberg et al., 2008). Weisberg und Kollegen sprechen gar von einer verführerischen Verlockung (engl. *seductive allure*) der Neurowissenschaften. Diese Eigenschaft könnte gemeinsam mit der allgemeinen Begeisterung für die Hirnforschung zu der Verbreitung von Neuromythen beigetragen haben.

---

<sup>26</sup> Wesentlich zu erwähnen erscheint mir, dass Neuromythen im Bildungsbereich keineswegs immer nur die Hirnforschung betreffen, sondern sich ebenso auf pädagogische Phänomene beziehen. Die Silbe „Neuro“ ist somit bereits ein Ausdruck des Einflusses der Hirnforschung auf das Gebiet des Lernens.

<sup>27</sup> Die Erzählung von der falschen Kommatstelle ist im Übrigen laut Sutton ebenfalls ein Mythos.

### 3.1 Prävalenz von Neuromythen – bisheriger Forschungsstand

In den letzten 20 Jahren wurde weltweit zur Prävalenz von Neuromythen im Bildungsbereich geforscht (Deibl & Zumbach, 2020; Dekker et al., 2012; Dündar & Gündüz, 2016; Düvel et al., 2017; Gini et al., 2021; Grospietsch & Jürgen, 2018; Grospietsch & Lins, 2021; Grospietsch & Mayer, 2019, 2020; Idrissi et al., 2020; Sullivan et al., 2021; Torrijos-Muelas et al., 2020). Meistens werden dabei Listen von Aussagen in standardisierten Umfragen präsentiert, die die Versuchspersonen mit „korrekt“, „nicht korrekt“ oder „weiß nicht“ beantworten sollten. Unter den Aussagen befinden sich sowohl wissenschaftlich fundierte Aussagen (engl. *scientific facts*), als auch wissenschaftlich nicht fundierte Aussagen (engl. *neuromyths*). Dekker und Kolleg\*innen legten einen Grundstein für die darauffolgenden Studien, indem sie eine Aussagenliste von 32 Statements über das Gehirn erstellten, von denen 15 Neuromythen waren (Dekker et al., 2012). In ihrer Studie füllten 242 praktizierende Lehrende aus dem Vereinigten Königreich (UK) und den Niederlanden (NL) den Fragebogen aus. Dabei zeigte sich, dass durchschnittlich die Hälfte der Lehrenden die Neuromythen-Aussagen für korrekt hielten. Bei den einzelnen Neuromythen war der Anteil sogar deutlich höher. So stimmten 93% (UK) bzw. 96% (NL) der Lehrenden der folgenden Aussage zu: „*Individuals learn better when they receive information in their preferred learning style (e.g., auditory, visual, kinesthetic)*“. Desweiteren stimmten 91% (UK) bzw. 86% (NL) der Aussage zu: „*Differences in hemispheric dominance (left brain, right brain) can help explain individual differences amongst learners*“. Über 80% stimmten fälschlicherweise der Aussage zu: „*Short bouts of co-ordination exercises can improve integration of left and right hemispheric brain function*“. Erstaunlicherweise war der Glaube an Neuromythen umso stärker, desto mehr Interesse an neurowissenschaftlicher Forschung und Allgemeinwissen über das Gehirn bestand.

Obwohl seit der Studie von Dekker und Kolleg\*innen bereits mehr als 10 Jahre vergangen sind, scheinen Neuromythen nach wie vor unter Lehrenden und Coaches vorzuherrschen (Torrijos-Muelas et al., 2020). Die häufigsten Neuromythen sind laut der Meta-Analyse über 24 Studien von Torrijos-Muelas und Kolleg\*innen: Der Lerntypen-Mythos<sup>28</sup> (bei 91% der Studien prävalent), der Mythos der sich schließenden Lernfenster<sup>29</sup> (engl. *critical periods*) (58%) und die Mythen über getrennt arbeitende Gehirnhemisphären<sup>30</sup> (42%). Selbst angehende Biolehrer\*innen, die im Rahmen ihres Studiums Kurse in Neurowissenschaften besuchen, scheinen Neuromythen nur schwer von wissenschaftlichen „Fakten“ unterscheiden zu können (Grospietsch & Mayer, 2019). Mehr als 50% stimmten den Neuromythen zu, unabhängig von der Länge ihres Studiums. Der Lerntypen-Mythos erreichte dabei die höchste

---

<sup>28</sup> siehe 3.2.1

<sup>29</sup> siehe 3.2.5

<sup>30</sup> siehe 3.2.3

Zustimmung von 93%. Die Aussage zur Effizienz von Brain-Gym, einer „gehirn-basierten“ Methode ohne empirische Grundlage, erhielt 85% Zustimmung.

Nicht nur angehende und praktizierende Lehrende, sondern auch Coaches oder Trainer\*innen scheinen anfällig für Neuromythen zu sein. In einer Studie zur Prävalenz von Neuromythen unter Sportcoaches aus dem Vereinigten Königreich und Irland stimmten 42% der Coaches mit Neuromythen zu, die auch pseudowissenschaftliche Methoden, wie Brain Gym, Neurolinguistisches Programmieren (NLP) oder den visual-auditory-kineasthetic learning styles (VAK, basierend auf der Lerntypentheorie), beinhalteten. Dabei waren Coaches mit einem größeren Wissen über das Gehirn anfälliger für Neuromythen, ebenso wie Coaches, die in ihrer Praxis auf „gehirn-basierte“ Methoden zurückgriffen. Der Neuromythos, der am meisten Zustimmung (62%) erhielt, war erneut der Lerntypen-Mythos (Richard et al., 2018).

Meines Wissens nach existiert bisher nur eine Studie über die Prävalenz von Neuromythen unter Musikpädagog\*innen. Düvel, Wolf und Kopiez (2017) untersuchten mit zwei getrennten Online-Umfragen die Prävalenz musikbezogener Neuromythen unter Schulmusiklehrenden sowie Schulmusikstudierenden. Der Fragebogen beinhaltet 14 Aussagen, von denen 7 „wissenschaftlich belegt“ und 7 „wissenschaftlich nicht belegt“ (Neuromythen) sind. Die Aussagen wurden aus einer umfangreichen Literaturrecherche sowie einem Expertenrating generiert. An der ersten Studie nahmen 91 praktizierende Schulmusiklehrende teil. Dabei wurden 70% der „wissenschaftlich belegten“ Aussagen und 60% der „wissenschaftlich nicht belegten“ Aussagen korrekt erkannt, was eine mittlere Sensitivität (Treffgenauigkeit) ergab. In der zweiten Studie erkannten die 125 Studierenden der Schulmusik 76% der „wissenschaftlich belegten“ Aussagen und 60% der „wissenschaftlich nicht belegten“ Aussagen. Die Studierenden wiesen somit eine leicht bessere Sensitivität im Vergleich zu den praktizierenden Schulmusiklehrenden auf, allerdings war dieser Gruppenunterschied nicht signifikant. Die am häufigsten geglaubten Neuromythen waren:

- 1) Musikunterricht ist ein Weg, die kognitiven Fähigkeiten, z.B. Intelligenz, eines Kindes effektiv zu fördern.
- 2) Improvisationsfähigkeit am Klavier wird besonders durch die rechte Hirnhälfte gesteuert. Spezielle Übungen können die Leistungsfähigkeit dieser Hemisphäre steigern.
- 3) Durch Musikausbildung werden die Leistungen im Rechnen merkbar verbessert (Düvel et al., 2017).

Die Aussagen beziehen sich somit auf Transfereffekte durch Musik (1 und 3) und auf die Unabhängigkeit der Hemisphären (2). Die Autor\*innen geben an, dass vor allem die Wörter „effektiv“ (1) und „merkbar“ (3) die Aussagen zu einem Neuromythos machen würden, da Musik kein *effektiver* Weg sei, um allgemeine kognitive Fähigkeiten zu steigern. Nach der Interpretation der Autor\*innen schnitten die Musikpädagog\*innen insgesamt besser ab, als die

Lehrenden bei Dekker et al. (2012). Allerdings erscheint der Vergleich der beiden Studien aufgrund der unterschiedlichen Operationalisierung des Konzepts „Neuromythen“ (unterschiedliche Fragebögen) als problematisch.

Die meisten Studien zu Neuromythen erheben zusätzliche Variablen, wie soziodemographische Daten, Dauer des Studiums oder Konsum populärwissenschaftlicher Medien, um mögliche Prädiktoren für den Glauben an Neuromythen zu untersuchen. In der Tendenz scheinen Menschen mit einem tiefgründigeren Fachwissen im neurowissenschaftlichen Bereich (engl. *neuroscientific literacy*) und höherem Bildungsabschluss weniger an Neuromythen zu glauben, als Laien und Menschen der Allgemeinbevölkerung (Grospietsch & Lins, 2021; Macdonald et al., 2017a). Andererseits haben Studien immer wieder gezeigt, dass ein allgemeines Interesse an der Hirnforschung mit einer stärkeren Zustimmung von Neuromythen bei Lehrenden oder Coaches einhergeht (Dekker et al., 2012; Grospietsch & Mayer, 2019; Krammer et al., 2019; Richard et al., 2018). Möglicherweise könnte der Zusammenhang zwischen *neuroscientific literacy* und dem Glauben an Neuromythen umgekehrt u-förmig sein, sodass ein Halbwissen zu mehr, ein tiefgründiges Wissen zu weniger Glaube an Neuromythen führt. Hinsichtlich demographischer Variablen wie Alter, Geschlecht oder Herkunftsland existieren widersprüchliche Befunde, die keine allgemeingültigen Aussagen zulassen (Grospietsch & Lins, 2021; Torrijos-Muelas et al., 2020).

Die Forschung zu Neuromythen wird neuerdings jedoch auch kritisiert. Sullivan und Kolleg\*innen (2021) geben zu bedenken, dass die Art und Weise der Erhebung von Neuromythen viel zu selten hinterfragt würde. Statements wissenschaftlicher „Fakten“ seien problematisch, da es meist widersprüchliche Evidenzen gäbe. Die Studien würden außerdem unterschiedliche Messinstrumente verwenden, die meist nicht ausreichend validiert seien. Sie plädieren daher für eine stärkere Vereinheitlichung und Evaluierung der Fragebögen zur Erfassung von Neuromythen. Zudem sollten die Statements kontinuierlich an den aktuellen Wissensstand angepasst werden und stets mit Bedacht formuliert werden. Gardner (2020) geht in seiner Kritik noch weiter. Er hält die Festlegung von „Neuromythen“ im Gegensatz zu „Fakten“ grundsätzlich für den falschen Weg und plädiert für einen wissenschaftlichen Diskurs anstelle von oberflächlichen falsch-oder-richtig Aussagen. Seiner Ansicht nach könne jede Aussage als falsch dargestellt werden, indem verallgemeinernde Wörter wie „immer“ oder „eindeutig“ benutzt und relativierende Wörter wie „manchmal“ oder „unter gewissen Umständen“ weggelassen werden. Zudem kritisiert er den Begriff „Neuromythos“ und dabei insbesondere die Verwendung der Silbe „Neuro“. Es werde damit suggeriert, dass Neuromythen sich nur auf das neurobiologische Gehirn beziehen. Doch in vielen Fällen, würden sich diese auf rein psychologische Theorien, wie etwa seiner Theorie der multiplen Intelligenzen beziehen. Dahinter stecke auch die Verwechslung bzw. Gleichsetzung der

Begriffe „brain“ und „mind“. Während „brain“ neurobiologische Inhalte bezeichne, sei „mind“ ein Konstrukt, welches von Psycholog\*innen untersucht würde und Phänomene wie Persönlichkeit, Kognition, Emotion oder Willen beinhalte. Diese Verwechslung führe dazu, dass selbst rein psychologische Erkenntnisse oder bloße Anekdoten fälschlicherweise unter den Begriff „Neuro“ fallen und somit der Hirnforschung zugeschrieben würden (Gardner, 2020). Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass bisher die wissenschaftlichen Belege fehlen, die eindeutige negative Konsequenzen von Neuromythen aufzeigen. Krammer und Kollegen (2021) konnten etwa keinen Zusammenhang zwischen Neuromythen unter Lehramtstudierenden und deren akademischen Leistungen finden. Doch selbst wenn die akademischen Leistungen den Autoren zufolge mit späterem Lehrerfolg korrelieren, ist die Variable ein indirektes Maß für negative Auswirkungen von Neuromythen und damit nur bedingt aussagekräftig. Mehr Forschung wird nötig sein, um diese Frage zu klären. Jedoch ist es aus wissenschaftlicher Perspektive in jedem Fall erstrebenswert, Fakten von Mythen zu unterscheiden, um der Wahrheit ein Stück näher zu kommen (Pasquinelli, 2012).

## **3.2 Ausgewählte Neuromythen**

Im Folgenden Abschnitt werden vier Neuromythen genauer dargestellt und auf ihren ursprünglichen „wahren Kern“ zurückgeführt. Die ersten drei Mythen wurden ausgewählt, da sie laut der Neuromythen-Forschung besonders weit verbreitete Mythen darstellen. Alle drei Mythen betreffen das Lernen sowie die Funktionsweise des Gehirns und sind somit auch für die Musikpädagogik relevant. Der vierte Mythos hat eine spezifischere Verbindung hin zur Musikpädagogik, da es sich dabei um Transfereffekte von Musik auf andere kognitive Leistungen, wie Intelligenz, handelt. In dem Kontext wird insbesondere der Mozart-Effekt und seine Verbreitung thematisiert.

### **3.2.1 Der „Lerntypen-Mythos“**

Der Lerntypen-Mythos ist ein Neuromythen, welcher sich besonders hartnäckig hält und am weitesten verbreitet ist (Dekker et al., 2012; Düvel et al., 2017; Grospietsch & Lins, 2021; Howard-Jones, 2014; Idrissi et al., 2020; Krammer et al., 2019; Macdonald et al., 2017a; Richard et al., 2018; Torrijos-Muelas et al., 2020). Die Grundidee, die dahinter steckt ist, dass Menschen sich hinsichtlich ihrem Lerntyp unterscheiden und dann besonders gut lernen, wenn ihnen Informationen passend zu ihrem Lerntyp präsentiert werden. Daraus folgt, dass Lehrende den individuellen Lerntyp ihrer Schüler\*innen diagnostizieren und ihren Unterricht daran anpassen müssten (Westby, 2019). Dieser Mythos ist nicht nur in der Allgemeinbevölkerung, sondern auch bei Lehrer\*innen, Lehramtstudierenden, Dozent\*innen und Coaches verbreitet und wird sowohl in Kursen, als auch in Ratgeberliteratur weitergetragen (Looß, 2001; Rogers & Cheung, 2020). Eine kurze Google-Anfrage zum

Schlagwort „Lerntyp“ (engl. *learning style*) offenbart, dass auch das Internet voll von Beiträgen zu unterschiedlichen Lerntypen und kostenlosen Selbst-Tests ist. Dabei gibt es die vielfältigsten Interpretationen, wenn es um die Kategorisierung von Lerntypen geht. Im Jahr 2004 existieren nach Coffield und Kolleg\*innen (2004) bereits 70 verschiedene Theorien, die unterschiedliche Lerntypen-Kombinationen postulieren. Ein verbreitetes Modell ist zum Beispiel die VAK-Methode, die Lernende in die Kategorien *visuell*, *auditiv* und *kinesthetisch* einteilt (Papadatou-Pastou et al., 2021).

Ein wichtiger Vertreter (manche sagen auch der Urheber) der Lerntypen-Theorie war der deutsche Biochemiker und Universitätsprofessor Frederic Vester. Er spricht in seinem Buch mit dem Titel „Denken, Lernen, Vergessen“, welches bereits in der 25. von ihm aktualisierten Auflage erschienen ist, von vier verschiedenen Lerntypen: auditiv, visuell, haptisch und intellektuell (Vester, 1998). Seiner Meinung nach könne ein grundlegendes Verständnis eines zu lernenden Inhalts, wie beispielsweise ein physikalisches Prinzip, über diese vier „Wahrnehmungskanäle“ vermittelt werden. Looß (2001) gibt allerdings zu bedenken, dass die 4. Kategorie (intellektuell) im Gegensatz zu den anderen Kategorien (auditiv, visuell, haptisch) kein Sinneskanal sei. Zudem impliziere diese Kategorisierung, dass der Intellekt in den ersten drei Kategorien keine Rolle spiele. Das verstandesgemäße Begreifen eines abstrakten Sachverhalts setze jedoch immer eine kognitiv-intellektuelle Beteiligung voraus, denn: *„Der Lernende allein verleiht den Sinnesdaten erst seine Bedeutung“* (Looß, 2001, S. 4). Somit scheint die Lerntypen-Theorie von Vester bereits in sich logische Fehler aufzuweisen. Hinzu kommt, dass seine Theorie nicht zu den bisherigen Erkenntnissen der Kognitionswissenschaften passt, die sich seit geraumer Zeit mit den Prozessen von Lernen und Gedächtnis beschäftigen. *„Den Begriff und das Konstrukt des ‚Lerntyps‘ im Sinne von Vester sucht man in der kognitionswissenschaftlichen Literatur und Diskussion ... vergeblich“* (Looß, 2001, S. 4). Allenfalls findet sich der Begriff der Lernstile oder Lernstrategien, der verschiedene kognitive Strategien zur Bewältigung von Problemen bezeichnet. Darunter werden allerdings komplexere Strategien verstanden, wie etwa die Strategie der Wiederholung, der Elaboration oder des kritischen Prüfens (Looß, 2001). Eine rein visuelle („fotografische“) oder auditive Speicherung von Gedächtnisinhalten ist schon allein deshalb fragwürdig, weil das Gehirn dazu neigt, den Bedeutungsgehalt einer Erfahrung zu extrahieren (Westby, 2019). So erinnern sich Menschen meist nicht an den genauen Wortlaut oder Bilderdetails einer Geschichte, wohl aber an ihre wesentlichen Bestandteile (Gernsbacher, 1985). Nichtsdestotrotz gibt es Lerninhalte, die stärkere visuelle, auditive oder kinästhetische Gedächtnisanteile haben (Westby, 2019). So erfordert die geographische Orientierung auf einer Karte ein gutes visuelles Gedächtnis, während ein Melodiediktat im Musikunterricht stärker auf dem auditiven Gedächtnis beruht. Wenn es nicht um deklaratives Wissen (*Knowing What*), sondern um prozedurales Wissen (*Knowing How*) geht, sind kinästhetische

Wahrnehmungen von größerer Bedeutung (Klöppel & Altenmüller, 2013). So kann ein Weitsprung im Sportunterricht nicht durch rein theoretisches Wissen über die Bewegung oder das reine Zuschauen erlernt werden, stattdessen muss der Sprung selbst körperlich erfahren werden. Dasselbe gilt auch für das Erlernen eines Musikinstruments. Umgekehrt ist ein abstraktes Konzept, wie das der Demokratie, nur schwer rein auditiv oder kinästhetisch vermittelbar (Westby, 2019). Die Tatsache, dass Lerninhalte manchmal verschiedene Sinneskanäle erfordern, ist jedoch noch kein Beleg dafür, dass auch Menschen sich in ihrem individuellen Lerntyp unterscheiden.

Trotz der mangelnden theoretischen Basis wurde die Wirksamkeit der Lerntypentheorie empirisch überprüft. Studien, die den Standards guter Wissenschaft entsprachen (Randomisierung, aktive Kontrollgruppen etc.), fanden jedoch mehrheitlich keine Effekte, die für die Lerntypen-Theorie sprachen (Coffield et al., 2004; Newton & Miah, 2017; Pashler et al., 2008; Rohrer & Pashler, 2012; Willingham et al., 2015). In einem Statement, welches in der Zeitschrift *The Guardian* veröffentlicht wurde, äußerten sich 30 Professor\*innen und Hochschuldozierende sogar öffentlich gegen die Verbreitung der Lerntypentheorie und warnten vor negativen Folgen (Hood et al., 2017).

Selbst vor dem Hintergrund fehlender empirischer Belege, verteidigten immer noch 46% der Lehramtstudierenden in einer Studie von Newton und Miah (2017) ihren Glauben an die Wirksamkeit von Lerntypen. Warum ist diese Theorie nach wie vor so beliebt? Eine Erklärung ist, dass die Theorie eine hohe Plausibilität aufweist, da sie eine simple Antwort für die Unterschiede zwischen Lernenden parat hält (Papadatou-Pastou et al., 2021; Westby, 2019). Darüber hinaus haben Menschen tatsächlich unterschiedliche Präferenzen, die die Modalität des Lernens betreffen. Diese Tatsache könnte Grospietsch und Lins (2021) zufolge auch das „Körnchen Wahrheit“ sein, welches dem Lerntypen-Mythos zu Grunde liegt. Menschen, die von sich behaupten ein „visueller Typ“ zu sein, lernen offenbar lieber, indem sie beispielsweise Zeichnungen oder Mind-Maps anfertigen. Abgesehen davon, dass so ein Vorgang bereits ein hohes kognitiv-intellektuelles Verständnis voraussetzt, ist die Schlussfolgerung, dass sie dadurch automatisch *besser* lernen, nicht zulässig. Tatsächlich birgt die Kategorisierung eines Menschen in einen bestimmten Lerntyp vielmehr die Gefahr einer rigiden und einseitigen Lernstrategie (Hood et al., 2017; Papadatou-Pastou et al., 2021). Dies steht einem multimodalen und vernetztem Lernen jedoch im Wege, welches nachhaltiger und effizienter zu sein scheint (Geake, 2008; Gruhn, 2005). Darüber hinaus sieht Looß (2001) in der einseitigen Lernweise die Gefahr einer rein oberflächlichen Verarbeitung zum Zwecke des schnellen Auswendiglernens.

Anstatt den Lerntyp seiner Schüler\*innen mit fragwürdigen Tests zu diagnostizieren, tun Lehrende Westby (2019) zufolge besser daran, die Modalität an den jeweiligen Lehrinhalt anzupassen und sich ein variables Methodenrepertoire zuzulegen, denn: „*Modality does have*

*an impact on learning, but this impact is the same for all students*“ (Westby, 2019, S. 4). Bezogen auf den Instrumentalunterricht bedeutet dies, dass Schüler\*innen mehr davon profitieren, wenn verschiedene Sinneskanäle beim Lernen angesprochen werden, sodass die Inhalte besser vernetzt und verankert werden. So könnte beim Erlernen eines Musikstücks der Fokus der\*s Schüler\*in mal auf das Griffgefühl (kinästhetisch), mal auf den Klang (auditiv) und mal auf das Notenbild (visuell) gelenkt werden. Auf diese Weise entsteht eine stabile mentale Repräsentation, die auch in schwierigen Momenten noch abrufbar ist (Klöppel & Altenmüller, 2013).

### **3.2.2 Der „10-Prozent-Mythos“**

Die Annahme „wir nutzen nur 10% unseres Gehirns“ ist ein Neuromythos, der bereits seit mehr als einem Jahrhundert kursiert und sich hartnäckig hält (Beyerstein, 2004; Dekker et al., 2012; Geake, 2008; Herschkowitz, 2007). Woher der Mythos genau stammt ist schwer zu sagen. Der kanadische Psychologe und Universitätsprofessor Berry L. Beyerstein hat sich als einer der ersten Forscher\*innen intensiv mit dem „10-Prozent-Mythos“ befasst. Die Entstehung des Mythos könnte seiner Recherche zufolge in der Fehlinterpretation einer Aussage des amerikanischen Psychologen William James liegen, welcher geäußert haben soll, dass die durchschnittliche Person nur einen Bruchteil ihres Potenzials ausschöpfe. Allerdings stammt die Prozentzahl von 10% nicht von ihm, sondern wurde ihm wohl nachträglich vom Journalisten Lowell Thomas in den Mund gelegt. Während James von „Potenzial“ sprach, wurde später daraus das „Gehirn“: *“gradually ‘10 percent of our capacity’ morphed into ‘10 percent of our brain’”* (Beyerstein, 2004, S. 3). Eine weitere Herkunftsgeschichte bezieht sich auf Albert Einstein, der angeblich seine Intelligenz in einem Interview auf eine erhöhte Gehirnnutzung zurückgeführt haben soll. Eine ausgiebige Recherche von Beyerstein im Albert-Einstein-Archiv ergab jedoch dazu nichts, was bedeuten könnte, dass auch dies ein Mythos ist (Beyerstein, 2004).

Obwohl die OECD die Aussage „we only use 10% of our brain“ im Bericht von 2002 unter den Neuromythen auflistet (OECD, 2002), scheint sie nach wie vor bei angehenden und praktizierenden Lehrenden auf breite Zustimmung zu stoßen. In der Studie von Dekker und Kolleg\*innen (2012) stimmten 48% der Lehrenden aus der UK und 46% der Lehrenden aus den Niederlanden dieser Aussage zu. Von 2932 türkischen Lehramtstudierenden stimmten 42% zu (Dündar & Gündüz, 2016). Grospietsch und Mayer (2019) fanden eine noch höhere Zustimmung von 57% bei 550 angehenden Lehrenden im Fach Biologie. Des Weiteren finden sich zahlreiche Beispiele und Nennungen dieses Mythos in den Medien und der Popkultur, wie beispielsweise in dem 2014 erschienenen Action-Film *Lucy* von Luc Besson, in dem eine junge Frau durch Freischaltung ihres hundertprozentigen Hirnpotenzials übermenschliche Kräfte erlangt. Die Idee, dass Menschen ihr ungenutztes Gehirnpotenzial aktivieren könnten und

dadurch zu enormen Leistungen fähig wären, ist nicht neu. Bereits in den 1930er Jahren nutzten Werbeagenturen den 10-Prozent-Mythos, um ihre Produkte zu verkaufen (Beyerstein, 2004; Zjadic, 2023). Selbiges gilt für aktuelle Methoden, wie etwa Brain Gym<sup>31</sup>, die eine Steigerung kognitiver Fähigkeiten (*cognitive enhancement*) mittels einfacher Körperübungen versprechen. Darüber hinaus besteht bereits seit vielen Jahren eine Diskussion zum Thema „Hirndoping“. Darunter werden pharmakologische Mittel, wie etwa *Ritalin* oder *Modafinil*, verstanden, die die kognitive Leistung steigern. Letztlich steckt hinter den Forschungsanstrengungen zu *cognitive enhancement* die Annahme, dass im Gehirn ungenutztes Potenzial schlummert, welches man durch die Gabe von Medikamenten aktivieren könnte (Hasler, 2012). Diese Vorstellung ist verlockend, was vermutlich auch ein Grund für die Hartnäckigkeit dieses Mythos ist (Beyerstein, 2004; Zjadic, 2023). Tatsächlich konnte bisher jedoch kein Mittel gefunden werden, das die Qualität der Leistung oder die Intelligenz übermäßig steigern konnte. Dies hat unter anderem eine umfassende Untersuchung des National Research Council zum Thema *Enhancing Human Performance* ergeben (Council, 2008, zitiert nach Beyerstein, 2004). Selbst Mittel wie Modafinil, die einen aufputschenden Effekt haben, steigern auf Grund ihrer Wirkung nicht die Intelligenz oder die Qualität der Leistung. Anders ausgedrückt: *„Selbstverständlich macht auch Modafinil nicht klüger und kreativer – sondern bestenfalls ausdauernder und motivierter. Auch hier gilt, was für sämtliche heute verfügbaren Arbeitsdoping-Mittel gilt: Man kann es nicht besser – nur länger“* (Hasler, 2012, S. 182).

Betrachtet man die Aussage „wir nutzen nur 10% unseres Gehirns“ genauer, so stellt sich die Frage, was damit eigentlich gemeint ist (Herschkowitz, 2007). Die Prozentzahl suggeriert, dass man die Nutzung des Gehirns quantitativ erfassen könne. Dies setzt allerdings eine Operationalisierung des Begriffs „Nutzen“ voraus. Wird der Nutzen mit der neuronalen Aktivität gleichgesetzt, so weiß man aus bildgebenden Verfahren, dass das gesamte Gehirn ununterbrochen aktiv ist, selbst dann, wenn Menschen nichts tun (Raichle, 2015) oder schlafen (Song & Tagliazucchi, 2020). Das liegt unter anderem daran, dass das Gehirn stark vernetzt ist und über viele Regionen hinweg kommuniziert (Alais et al., 2010). Darüber hinaus verarbeitet das Gehirn pausenlos Reize aus der Umwelt und strukturiert sich um, was im Kapitel 2.2.3 zur Plastizität dargestellt wurde. Grospietsch und Lins (2021) zufolge, könnte das „Körnchen Wahrheit“ dieses Mythos möglicherweise darin liegen, dass in fMRT-Bildern nur wenige Bereiche bunt aufleuchten. Daraus könnte fälschlicherweise geschlussfolgert werden, dass *ausschließlich* diese Bereiche aktiv sind. Doch wie bereits im Kapitel 2.3.4 dargestellt, repräsentieren die farbigen Bereiche das Ergebnis eines Subtraktionsprozesses. Nur diejenigen Bereiche, die während einer Experimentalbedingung eine größere Aktivität zeigen, also eine höhere Durchblutung und damit einen höheren

31 <https://www.braingym.at/v07/?sn=100100> [26.08.23]

Sauerstoff und Energieverbrauch im Vergleich zu einer Kontrollbedingung aufweisen, werden farbig dargestellt. Wie gering dabei der Aktivitätszuwachs im Vergleich zum „Hintergrundrauschen“ der sonstigen Gehirnaktivität ist, stellt Hasler anschaulich dar: *„Bildhaft gesprochen verhält es sich mit der Differenzmethode etwa so ähnlich, als wäge (sic) man eine Yacht mit Kapitän und dann die Yacht alleine, um herauszufinden, wie schwer der Kapitän ist“* (Hasler, 2012).

Möglicherweise könnte sich der zehnpromtente Nutzen des Gehirns auf die Anzahl der elektrischen Impulse an den Synapsen beziehen. Diesbezüglich gibt der Mediziner und Neurowissenschaftler Herschkowitz (2007) zu bedenken, dass die übermäßige Weiterleitung von Nervenimpulsen dem Gehirn eher schaden, als helfen würde. Da im Gehirn ein empfindliches biochemisches Gleichgewicht herrscht, welches von sogenannten exzitatorischen (erregenden) und inhibitorischen (hemmenden) Potenzialen bestimmt wird, würde eine zu starke Erregung möglicherweise zu einem epileptischen Krampfanfall führen.

Bezieht sich der Nutzen hingegen auf die Anzahl der Synapsen, so würde eine dauerhafte Nutzung von nur 10% zu einer Degeneration von 90% der Synapsen führen (Herschkowitz, 2007). Dass dies jedoch nicht der Fall ist, zeigen Autopsien von gesunden Menschenhirnen (Beyerstein, 2004). Zudem scheinen Synapsen bei Lernprozessen erwachsener Menschen sich eher qualitativ und weniger quantitativ zu verändern. Die Gesamtanzahl der Synapsen verändert sich durch einen Lernvorgang somit nur bedingt (Bear et al., 2018). Dies macht auch Sinn, wenn man bedenkt, dass dem Gehirn nur begrenzte Ressourcen an Energie und Platz zur Verfügung stehen.

Abgesehen davon, dass es offenbar schwierig ist, die angebliche Nutzung von 10% des Gehirns empirisch nachzuweisen, sprechen auch evolutionsbiologische Argumente gegen eine solche Annahme. Das Gehirn hat sich wie alle Organe durch natürliche Selektion entwickelt, bei der sich stets die „beste Version“ durchsetzt. Hätte jedoch tatsächlich 90% der Gehirnmasse keine Funktion, so wäre das Gehirn ein äußerst ineffizientes und verschwenderisches Organ. Die Wahrscheinlichkeit, dass sich ein solches Organ aus der natürlichen Auslese ergeben hätte, geht folglich gegen null (Beyerstein, 2004).

Auch wenn der 10-Prozent-Mythos falsch ist, so hat er doch viele Menschen dazu gebracht, nach Höherem zu streben und sich weiterzuentwickeln. Als Metapher gesehen, ist der Glaube an ein Potenzial, das in jedem Menschen schlummert, erstmal nicht schädlich – ganz im Gegenteil. Allerdings sollte man Angeboten, die eine unrealistische kognitive Leistungssteigerungen versprechen, mit großer Skepsis begegnen.

### 3.2.3 Der „Hemisphären-Mythos“

„Differences in hemispheric dominance (left brain, right brain) can help to explain individual differences amongst learners“ gilt als einer der drei meist verbreiteten Neuromythen (Torrijos-Muelas et al., 2020). Die Aussage stammt ursprünglich aus dem Fragebogen von Dekker und Kolleg\*innen (2012) und erreichte eine Zustimmung von 91%. In der Studie von Dündar und Gündüz (2016) stimmten rund 79% der Lehramtstudierenden der Aussage zu. Drei Jahre später fanden Grospietsch und Mayer (2019) unter angehenden Biolehrenden eine Zustimmungsrate von 82%. Bei Sportcoaches scheint der Neuromythos etwas weniger stark verbreitet zu sein. In der Umfrage von Richard und Kolleg\*innen (2018) stimmten 43% der Sportcoaches dieser Aussage zu. Zu der Verbreitung dieser spezifischen Aussage unter Musikpädagog\*innen ist noch keine Untersuchung gemacht worden. In der Studie zur Prävalenz von Neuromythen unter Musikpädagog\*innen von Düver und Kolleg\*innen (2017) wurden allerdings musikbezogene Aussagen formuliert, die die Hemisphären-Spezialisierung betreffen. So konnten nur 40% der Schulmusiklehrenden und 62% der Schulmusikstudierenden die folgende Aussage korrekt als „falsch“ identifizieren: *„Bei Rechtshändern wird Sprache in der linken und Musik in der rechten Hirnhälfte verarbeitet.“* Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass 60% der Lehrenden und 38 der Studierenden der Aussage zustimmten. Eine allgemeinere Version dieser Aussage lautete: *„Logic is located in the left hemisphere, creativity in the right“* (Grospietsch & Lins, 2021).

Hinter diesen Aussagen verbirgt sich die Vorstellung von zwei weitestgehend unabhängig arbeitenden Hemisphären, denen ganze Phänomene, wie Logik oder Kreativität, zugeordnet werden können. Dies stellt jedoch eine starke Vereinfachung der Realität dar (Ferrari & McBride, 2011). Gemeinsam mit der Annahme, dass Menschen eine dominante Gehirnhälfte haben, führt dies zu der falschen Schlussfolgerung, dass die Dominanz der Hemisphäre Unterschiede zwischen Lernenden erklären könne. Wenn „Logik“ in der linken und „Kreativität“ in der rechten Hemisphäre angesiedelt ist, so müssten demnach „links-hirnige“ Menschen besser in Mathematik sein, während „rechts-hirnige“ Menschen besser in kreativen Aufgaben wären. Diese angeblich verankerte Dominanz sollten Lehrende anschließend bei ihrem Unterricht berücksichtigen (Grospietsch & Lins, 2021). Häufig wird außerdem kritisiert, dass Schulen viel zu „links-hirnig“ ausgerichtet seien und stattdessen mehr für die rechte Gehirnhälfte tun sollten (Edelmann & Wittmann, 2019).<sup>32</sup> Abgesehen davon, dass bei einer solchen Argumentation Schulfächer einer von beiden Hemisphären zugeordnet werden, wird auch implizit angenommen, dass ein Ungleichgewicht zwischen den Gehirnhälften bestünde, welches es wiederherzustellen gilt. Ansätze wie Brain Gym gehen sogar noch einen Schritt weiter. Sie sind davon überzeugt, dass einfache

<sup>32</sup> Die dahinterliegende Kritik von zu vielen logisch-sprachlich ausgerichteten Fächern im Vergleich zu praktischen Fächern steht in einer langen reformpädagogischen Tradition und hat durchaus seine Berechtigung.

Koordinationsübungen die Integration beider Hemisphären verbessern könnten und dadurch Lernschwierigkeiten behoben würden.

An diesen Ausführungen wird deutlich, dass bezüglich der Funktionsweise der Hemisphären nicht nur *ein* Neuromythos, sondern vielmehr ein ganzes „Gerüst“ von Neuromythen existiert. Um den Knoten zu entwirren, folgt nun der Versuch, die Annahmen nacheinander auf ihren Wahrheitsgehalt zu überprüfen.

*Annahme 1: Sprache wird in der linken und Musik in der rechten Hirnhälfte verarbeitet.*

Das „Körnchen Wahrheit“ dieses Mythos besteht laut Grospietsch und Lins (2021) darin, dass es tatsächlich eine *Hemisphären-Asymmetrie* gibt und zwar sowohl in funktioneller, als auch in anatomischer Hinsicht (Jäncke & Edelmann, 2017). Mit funktioneller Asymmetrie ist gemeint, dass die Gehirnhälften einen unterschiedlichen Anteil verschiedener Aufgaben übernehmen. Beispielsweise weiß man aus Studien mit Gehirnschädigungen (auch *Läsionen* genannt), dass eine Schädigung des linken Schläfenlappens (des Broca-Areals) zu einem Verlust der Sprachfähigkeit führt. Studien mit sogenannten *Split-Brain-Patient\*innen*, denen der Balken aus medizinischen Gründen operativ durchtrennt wurde, zeigten viele weitere Hemisphären-Spezialisierungen. In einem klassischen Versuchsdesign sollten die Patient\*innen auf einen Punkt schauen, während ihnen rechts oder links davon ein Bild eingeblendet wurde. Dabei konnten aufgrund der Balkentrennung die rechts präsentierten Bilder jeweils nur von der linken, die links präsentierten Bilder nur von der rechten Hemisphäre verarbeitet werden. Die Patient\*innen konnten die Bilder, die rechts vom Punkt präsentiert wurden sofort benennen, während sie die Bilder auf der linken Seite des Gesichtsfeldes nur unbewusst verarbeiteten. So führte beispielsweise das linksseitig präsentierte Bild einer nackten Frau bei einer Patient\*in zu einer emotionalen Reaktion (Erröten, Kichern), ohne, dass sie sich diese erklären konnten (Klöppel & Altenmüller, 2013).

Die anatomische oder strukturelle Asymmetrie bezieht sich auf Unterschiede hinsichtlich des Gehirnvolumens und Ausprägung bestimmter Areale (Jäncke & Edelmann, 2017). Diese Asymmetrien hängen meist mit den funktionellen Asymmetrien zusammen. Ein Beispiel dafür ist das *Planum temporale*, eine dreieckige Fläche in der Windung des Schläfenlappens, dessen Größe asymmetrisch zwischen den Hemisphären verteilt ist und mit der Händigkeit korreliert. Insbesondere die Rechtshändigkeit scheint mit einem größeren *Planum temporale* auf der linken Gehirnhälfte einherzugehen (Shapleske et al., 1999).

Doch auch wenn die beiden Hemisphären unterschiedlich stark an bestimmten Aufgaben involviert sind, so kann daraus nicht geschlossen werden, dass komplexe Tätigkeiten wie die Verarbeitung von Musik oder das Lesen eines Buches *ausschließlich* mit der einen oder der anderen Gehirnhälfte erfolgt. Vielmehr ergänzen sich die beiden Hemisphären, indem sie kontinuierlich über den Balken (Corpus Callosum) miteinander

kommunizieren (Edelmann & Wittmann, 2019). So werden beispielsweise beim Hören von Musik Rhythmus und einzelne Töne eher in der linken Hemisphäre verarbeitet, Melodien und Harmonien tendenziell in der rechten Hemisphäre, wobei sich die Aktivierungsmuster zwischen Berufsmusiker\*innen und Laien unterscheiden (Klöppel & Altenmüller, 2013). Analog dazu werden bei der Sprachverarbeitung die Struktur, Grammatik und einzelne Laute eher von der linken Gehirnhälfte erfasst, während der Bedeutungsgehalt, Intonation und Tonfall von der rechten Gehirnhälfte ergänzt wird (Grospietsch & Lins, 2021).<sup>33</sup> Daraus wird deutlich, dass bei allen kognitiven Leistungen stets beide Gehirnhälften beteiligt sind und sich gegenseitig ergänzen (Geake, 2004). Schulfächer wie Mathematik oder Musik sprechen demnach niemals nur eine Hemisphäre, sondern beide an (Edelmann & Wittmann, 2019).

*Annahme 2: Menschen haben eine dominante Gehirnhälfte und sind demnach „rechts-hirnig“ oder „links-hirnig“.*

Die linke Hemisphäre wird oft als die „dominante“ und die rechte Hemisphäre als die „subdominante“ Gehirnhälfte bezeichnet. Dies liegt vor allem daran, dass bei den meisten Menschen die linke Hemisphäre für Sprache und abstrakt-logisches Denken verantwortlich ist (Edelmann & Wittmann, 2019). Man spricht in diesem Zusammenhang auch von der „sprachdominanten“ Hemisphäre (Jäncke & Edelmann, 2017). Des Weiteren spielt die Händigkeit (rechts, links, beidseitig) eine Rolle für den Dominanzbegriff. In den allermeisten Fällen wird die rechte Körperhälfte von der linken Hemisphäre gesteuert und vice versa. Tatsächlich gibt es viel mehr Rechtshänder\*innen als Linkshänder\*innen, was ebenfalls für eine Dominanz der linken Hemisphäre spricht. Dabei ist der Zusammenhang zwischen der hemisphärischen Sprachdominanz und der Händigkeit nicht immer gleich. So kam in einer Studie mit 326 gesunden Proband\*innen heraus, dass 96% der starken Rechtshänder\*innen eine linkshemisphärische Sprachdominanz aufwiesen aber nur 27% der starken Linkshänder\*innen hatten eine rechtshemisphärische Sprachdominanz ist (Knecht et al., 2000). Somit war die linke Gehirnhälfte bei 73% der Linkshänder\*innen verantwortlich für die Sprache. Dies zeigt, dass die linke Hemisphäre deutlich häufiger die sprachdominante Hemisphäre ist (ebd.). Die Darstellung einer „dominanten“ linken Hemisphäre im Gegensatz zu einer „subdominanten“ rechten Hemisphäre suggeriert, dass letztere defizitär sei. Dies ist jedoch eine verkürzte Sicht. Vielmehr verfügt das Gehirn über zwei hochspezialisierte Hälften, die lediglich verschiedene Aufgaben erfüllen (Edelmann & Wittmann, 2019).

Allerdings bezieht sich die Annahme von „rechts-hirnigen“ und „links-hirnigen“ Menschen nicht auf die Sprachdominanz oder die Händigkeit, sondern auf vielmehr auf unterschiedliche geistige Fähigkeiten (logisch-analytisch vs. künstlerisch-kreativ) (Grospietsch

---

<sup>33</sup> Zu bedenken ist, dass diese Ergebnisse grobe Zusammenfassungen vieler Einzelstudien darstellen und keine Aussage über ein individuelles Gehirn machen können.

& Lins, 2021). In diesem Zusammenhang erscheint die Zuordnung von „rechts-hirinig“ und „links-hirinig“ eher ein Fehlschluss zu sein, der sich aus einer übergeneralisierten Hemisphären-Spezialisierung (zum Beispiel, dass Kunstproduktion und -rezeption „rechts-hirinig“ sei) und einer fehlerhaften Benutzung des Dominanz-Begriffs ergibt. Die Tatsache, dass Menschen über eine sprachdominante Hemisphäre verfügen, sagt nichts über die tatsächliche Ausprägung von Fähigkeiten aus. Auch umgekehrt lässt sich aus der Fähigkeit eines Menschen nicht direkt auf die Dominanz der rechten oder linken Gehirnhälfte schließen. Die Annahme einer dominanten Hirnhälfte zu Erklärung von Unterschieden zwischen Menschen verzerrt die Realität und widerspricht der Erkenntnis, dass höhere kognitive Leistungen auf das Zusammenwirken beider Hemisphären angewiesen sind (Edelmann & Wittmann, 2019).

*Annahme 3: Unterschiedliche Dominanzen der Hemisphären können Unterschiede zwischen Lernenden erklären.*

Diese Annahme speist sich aus veralteten Theorien, wie die *Mixed Dominance Theorie* von Orton (1937), die eine Leseschwäche von Kindern auf eine ungünstige Hemisphären-Dominanz zurückführte und Übungen zur Integration von linker und rechter Hemisphäre entwickelte (Spaulding et al., 2010). Allerdings haben Unterschiede zwischen Lernenden vielfältige Ursachen und hängen von Faktoren wie Intelligenz, Nutzung von Lernstrategien, Interesse, Motivation und Aufmerksamkeit ab (Grospietsch & Lins, 2021). Die Annahme, dass unterschiedliche Hemisphären-Dominanzen Unterschiede zwischen Lernenden erklären können, trifft somit nicht zu.

*Annahme 4: Koordinationsübungen verbessern die interhemisphärische Kommunikation.*

Hinter dieser Annahme steckt die Vorstellung, man könne die Interaktion der Hemisphären durch Koordinationsübungen verbessern und so ein „ganzheitliches Lernen“ erreichen (Pasquinelli, 2012). Eine Methode, die zur Verbreitung dieser Annahmen beigetragen hat, ist Brain Gym. Die in den 1970er Jahren entwickelte Methode fand eine rasante Verbreitung in den USA und in mehr als 80 weiteren Ländern. Brain Gym wird nicht nur an tausenden von Schulen, sondern auch im Coachingbereich und von Musiker\*innen angewendet (Spaulding et al., 2010). In Österreich besteht seit Juli 2020 der Verband „Brain Gym Österreich - Bewegungsorientierte Lebensbegleitung“ sowie die Möglichkeit eine *Brain Gym Instructor* zu werden<sup>34</sup>. Der Begründer von Brain Gym, Paul Dennison, beruft sich dabei auf Erkenntnisse von Neurowissenschaften und Kinesiologie. Für seine als *Educational Kinesiology* bezeichneten Methode entwickelte Dennison gemeinsam mit seiner Frau 26 Körperübungen, die sämtliche Lernblockaden lösen sollen und wie folgt von ihm beschrieben

---

<sup>34</sup> <https://www.braingym.at> [29.08.23]

werden: *„integrated, cross-lateral, balance-requiring movements that mechanically activate both hemispheres of the brain via the motor and sensory cortexes, stimulate the vestibular (balance) system for equilibrium, and decrease the fight or flight mechanism”* (Dennison, 2006, zitiert nach Spaulding et al., 2010, S. 20). Trotz der weiten Verbreitung und Anwendung von Brain Gym, scheint es keine solide empirische Evidenz für die Wirksamkeit der Methode zu geben (Hyatt, 2007; Spaulding et al., 2010). Dies liegt unter anderem daran, dass die Mehrheit der Artikel aus dem eigenen Haus, nämlich dem *Brain Gym Journal*, stammen und erhebliche methodische Mängel aufweisen. Brain Gym baut auf Theorien auf, die schon seit langer Zeit als widerlegt gelten (Spaulding et al., 2010).

Neben dem Festhalten an veralteten Theorien könnte das „Körnchen Wahrheit“ dieses Neuromythos Grospietsch und Lins (2021) zufolge darin liegen, dass Gehirn und Körper überkreuzt verschaltet sind, sodass die rechte Gehirnhälfte die linke Körperhälfte und die linke Gehirnhälfte die rechte Körperhälfte steuert (Bear et al., 2018). Daraus könnte fälschlicherweise geschlussfolgert worden sein, dass Koordinationsübungen, bei denen linke und rechte Körperhälfte miteinander interagieren, auch auf einer neuronalen Ebene zu einer Vernetzung führen. Umgekehrt wurde auch von einer schlechten Koordinationsfähigkeit auf eine unzureichende neuronale Verschaltung geschlossen. Diese Schlussfolgerungen sind allerdings Fehlschlüsse, da die Hemisphären kontinuierlich miteinander im Austausch sind und nicht aktiv dazu „gebracht“ werden können, vermehrt zu interagieren (Grospietsch & Lins, 2021). Letztendlich lässt sich sagen, dass Koordinationsübungen zwar die Fitness und die motorischen Fähigkeiten verbessern können, nicht aber die intellektuell-kognitive Leistung (Cancela et al., 2015). Lernschwierigkeiten sind äußerst komplex, da sie *„das Resultat eines Zusammenspiels aus biogenetischen Voraussetzungen und Umwelteinflüssen, wie der häuslichen Lernumgebung und der Art, dem Umfang und der Qualität des Unterrichts [sind]“* (Hasselhorn, 2021, S. 5). Vielleicht ist Brain Gym gerade deshalb so beliebt, weil die Idee einer simplen Lösung komplexer Probleme zu verlockend ist.

### **3.2.4 Der „Mozart-Effekt“ und andere Transfereffekte**

#### *Der Mozart-Effekt*

Der „Mozart-Effekt“ fand seinen Ursprung in einer Studie, die 1993 unter dem Titel *„Music and spatial task performance“* in der Fachzeitschrift *Nature* veröffentlicht wurde. Darin präsentierten die Forscher\*innen Rauscher, Shaw und Ky des Center of Neurobiology and Learning der University of California einen Befund, der für viel Aufsehen sorgte. Nachdem Studierende den ersten Satz der Mozart Sonate in D-Dur für zwei Klaviere (KV 488) gehört hatten, schnitten sie im Anschluss daran besser in abstrakt-räumlichen Aufgaben ab, als nach dem Hören einer Entspannungsmusik oder Stille. Die Aufgaben stammten aus einem Subtest des Stanford-Binet Tests (Stanford-Binet Intelligence Scale) zum abstrakt-räumlichen

Denken und bestanden aus einem Test zur Musteranalyse, einem Multiple-Choice-Matrizentest und einem Multiple-Choice-Test zum Falten und Schneiden von Papier. Die durchschnittliche Leistungssteigerung der Studierenden in der Mozart-Bedingung entsprach umgerechnet 8–9 IQ-Punkten (Rauscher et al., 1993). Daraufhin folgten viele Versuche, die ursprüngliche Studie zu replizieren, die teilweise gelangen (Rauscher et al., 1995; Rideout et al., 1998; Rideout & Laubach, 1996; Wilson & Brown, 1997) und teilweise scheiterten (Husain et al., 2002; Nantais & Schellenberg, 1999; Newman et al., 1995; Kenneth M Steele, Karen E Bass, et al., 1999; Kenneth M. Steele et al., 1999; Kenneth M Steele, Joshua D Brown, et al., 1999). Trotz gemischter Befunde und unklarer Ergebnisse, verbreitete sich die Idee eines „Mozart-Effekts“ sehr schnell in der amerikanischen und bald darauf in der internationalen Öffentlichkeit.<sup>35</sup> Dabei wurde der ursprüngliche Befund schnell dahingehend verallgemeinert, dass das Hören von Mozarts Musik die Intelligenz von Kindern und sogar die von Säuglingen steigere und dies, obwohl zu diesem Zeitpunkt keine der vorliegenden Studien eine solche Annahme gestützt hätte (Bangerter & Heath, 2004; Kowal-Summek, 2018; Pietschnig et al., 2010; Waterhouse, 2006). Diese Veränderung bezeichnen Bangerter und Heath (2004) als Verzerrung (*distortion*) des ursprünglichen Studienergebnisses von Rauscher et al. (1993), welches sich auf die Population von Studierenden, spezifischen Tests zum räumlich-abstrakten Denken und der Mozart-Sonate KV 488 beschränkte. Alle drei Aspekte wurden somit unzulässig verallgemeinert oder abgewandelt. Aus der Population von Studierenden wurden Kinder, Kleinkinder oder Babys, aus den spezifischen Tests zur räumlich-abstrakten Wahrnehmung wurde die allgemeine Intelligenz und aus der Mozart-Sonate KV 488 wurde Mozarts Musik oder einfach nur „klassische Musik“. Der „Mozart-Effekt“ wurde allerdings auch von den Forscher\*innen selbst in seiner Definition erweitert. So fanden Rauscher und Kolleg\*innen (1997), dass ein regelmäßiger Keyboard-Unterricht zu einer Leistungssteigerung des abstrakt-räumlichen Denkens bei Vorschulkindern führte. Dieses Ergebnis trug mit zur Verwirrung bei, da es in der Presse mit dem ersten Befund vermischt wurde (Bangerter & Heath, 2004). Neben der massenwirksamen Diskussion rund um den Mozart-Effekt entstand auch eine neue Marktnische, in der Produkte mit dem „Mozart-Effekt“ warben. Ein Höhepunkt dieser Entwicklung war der Beschluss des damaligen Governors des Bundesstaats Georgia im Jahr 1998 ein Budget von 105.000 Dollar dafür zu verwenden, jedem Neugeborenen eine Klassik-CD mit dem Titel „Build Your Baby's Brain Through the Power of Music“ zu schenken (Gavin, 2000). Ein Jahr darauf wurden Kindertagestätten in Florida per Gesetz dazu angehalten, täglich klassische Musik abzuspielen, sogar Gefängnisinsassen wurden mit Mozart beschallt (Bangerter & Heath, 2004). Abgesehen von Kindern oder Straftätern, schienen plötzlich auch Rosen, Milchkühe und Lege-Hennen von Mozarts Musik zu profitieren (Gonzalez et al., 2003). Die Wirkung der Musik von Mozart wurde auch im medizinischen

<sup>35</sup> Eine ausführliche Analyse zur Entstehung und Verbreitung des „Mozart-Effekts“ in den USA findet sich bei Bangerter und Heath (2004).

Kontext untersucht. So schien die Sonate KV 488 einen positiven Effekt auf Epilepsie-Patient\*innen zu haben (Hughes et al., 1998), tatsächlich ein Effekt, der bis heute beforscht wird (Ding et al., 2023). Anfang der 2000er Jahre nahm die Anzahl der Berichte um den „Mozart-Effekt“ in den USA deutlich ab, was Bangerter und Heath (2004) auf die fehlende Neuartigkeit und zunehmenden Zweifel aufgrund kritischer Stimmen zurückführen. *„It has become ‚old news‘, part of common knowledge“* (Bangerter & Heath, 2004, S. 620). Der „Mozart-Effekt“ im weiteren Sinne war zu einer Wissenschaftslegende, einer *Scientific Legend*, geworden, die sich bis heute hält. Man kann beispielsweise CDs und Bücher von Don Campbell erwerben, der sich den Begriff „The Mozart Effekt“ patentieren ließ und die heilsame Wirkung von klassischer Musik propagiert. Eine Buchbeschreibung lautet zum Beispiel: *Don Campbell and Alex Doman, an expert in the practical application of sound and listening and the founder of Advanced Brain Technologies, show how to use music–and–silence to become more efficient, productive, relaxed and healthy.*<sup>36</sup> Ein anderes Buch von Campbell trägt den Titel „The Mozart Effect® for Children“. Die Prävalenz des „Mozart-Effekts“ in den USA wurde unter anderem von Macdonald et al. (2017b) untersucht. Dabei stimmten 59% der Allgemeinbevölkerung ( $n = 3045$ ), 55% der Pädagog\*innen ( $n = 598$ ) und 43% der Menschen mit *high neuroscience exposure* ( $n = 234$ ) der folgenden Aussage zu: *„Listening to classical music increases children’s reasoning ability“* (Macdonald et al., 2017b, S. 6). Düvel et al. (2017) untersuchten die Prävalenz von Neuromythen unter Musikpädagog\*innen und formulierten eine Aussage, die sich ebenfalls auf den „Mozart-Effekt“ zu beziehen scheinen. Dabei hielten 70% der Schulmusiklehrenden und 65% der Schulmusikstudierenden die Aussage *„Musikunterricht ist ein Weg, die kognitiven Fähigkeiten, z.B. Intelligenz, eines Kindes effektiv zu fördern“* für „wissenschaftlich belegt“.

Welche Effekte lassen sich tatsächlich hinsichtlich des Hörens von Musik, insbesondere der Musik von Mozart, in Bezug auf veränderte geistige Fähigkeiten beobachten? Dieser Frage gingen Wissenschaftler\*innen in einer Fülle von Studien nach. Aufgrund der großen Anzahl an Studien werde ich mich vorwiegend auf Meta-Analysen konzentrieren, die die vorliegenden empirischen Daten auf systematische Art und Weise zusammentragen und validieren (Glass, 1976). Dabei geht es um den „Mozart-Effekt“ im engeren Sinne, wie er von Rauscher und Kolleg\*innen (1993) berichtet wurde. Die erste Meta-Analyse zum „Mozart-Effekt“ wurde von Chabris und Kolleg\*innen (1999), einem Forscherteam der Harvard-University, durchgeführt. Nach Durchsicht der 16 damals publizierten Studien kamen die Forscher\*innen zu dem Schluss, dass der „Mozart-Effekt“ keine ausreichende empirische Basis habe (sie fanden einen sehr geringen durchschnittlichen Effekt von  $d = 0.14$ ). Zudem erklärten sie den „Mozart-Effekt“ als ein Ergebnis einer stimmungsaufhellenden Aktivierung, welche zu der Leistungssteigerung geführt haben kann.

---

<sup>36</sup> [https://mozarteffect.com/books/\[31.08.23\]](https://mozarteffect.com/books/[31.08.23])

Diese Annahme wurde später als „Arousal-Mood-Hypothese“ (Erregung-Stimmung-Hypothese) von Forscher\*innen bezeichnet (Husain et al., 2002; Jaušovec & Habe, 2005; Nantais & Schellenberg, 1999). Ein Jahr später folgte eine weitere Meta-Analyse, die im Rahmen einer Dissertation entstand und zu einem konträren Ergebnis kam (Hetland, 2000, zitiert nach Pietschnig et al., 2010). Anders als Chabris und Kolleg\*innen (1999) schloss Hetland laut Pietschnig und Kolleg\*innen in seiner Analyse nicht publizierte Studien mit ein und konzentrierte sich auf Studien, die räumlich-abstraktes Denken untersucht haben. Er kam auf eine deutlich größere Anzahl von 36 Studien und einen durchschnittlichen Effekt von  $d = 0.46$ , was immerhin einem geringen Effekt entspricht. Allerdings geben Pietschnig und Kolleg\*innen (2010) zu bedenken, dass Hetland in den Hörbedingungen andere musikalische Stimuli nicht zur Mozart-Sonate KV 488 zählte, jedoch bei der Berechnung der durchschnittlichen Effektstärke jeglicher musikalischer Stimuli (und deren mögliche positive Effekte) miteinbezog. Des Weiteren hätten weder Chabris und Kolleg\*innen (1999) noch Hetland die Verzerrung ihres Ergebnisses aufgrund des Publication Bias (siehe 2.3) in Betracht gezogen. Um besser abzuklären, was es mit dem „Mozart-Effekt“ auf sich hat, führten Pietschnig und Kolleg\*innen (2010) eine große Meta-Analyse durch, wobei sie publizierte und nicht-publizierte Studien in deutscher und englischer Sprache ( $N = 39$ ) untersuchten. Sie teilten die Bedingungen in drei Kategorien ein: 1. die Mozart-Sonate KV 488 (MO), 2. jegliche andere Musik (OM) und 3. keine Musik (NM). Die dritte Kategorie schloss sowohl Stille, als auch das Hören von Texten mit ein. Als Moderatorvariablen untersuchten sie ob eine Studie publiziert wurde und ob die Studie in Verbindung mit dem Forschungslabor von Rauscher und Kolleg\*innen stand. Zuletzt führten sie verschiedene mathematische Testverfahren zur Untersuchung einer möglichen Verzerrung durch den Publication Bias durch. In den Ergebnissen zeigt sich, dass die Bedingung MO sich signifikant von der Bedingung NM unterscheidet ( $d = 0.37$ ). Somit erhöht das Hören der Mozart-Sonate KV 488 im Vergleich zu der Nicht-Musik-Bedingung die nachfolgende Leistung im abstrakt-räumlichen Denken. Allerdings weist die Kategorie OM eine ähnliche Effektstärke im Vergleich zu NM auf ( $d = 0.38$ ). Das bedeutet, dass sowohl die Musik von Mozart, als auch jede andere Musik die kognitive Leistung im Vergleich zu keiner Musik erhöht, was gegen einen spezifischen Effekt von Mozarts Sonate spricht. Die Tatsache, dass sich MO im Vergleich zu OM signifikant, aber bei sehr geringem Effekt von  $d = 0.15$  unterscheidet, erklären Pietschnig und Kolleg\*innen (2010) anhand der Arousal-Mood-Hypothese. Dieser Hypothese zufolge hat Musik nur deshalb einen temporären Einfluss auf die kognitive Leistung, weil sie die Proband\*innen in einen günstigen emotionalen Aktivierungszustand versetzt, der das Lösen von abstrakt-räumlichen Denkaufgaben erleichtert. Insbesondere gilt dies für schnelle und „positive“ Musik, die normalerweise mit einer Dur-Harmonik in Verbindung gebracht wird. In der Kategorie OM sind allerdings auch langsamere Stücke enthalten, die einen solchen Effekt nicht hervorbringen,

während die Mozart Sonate KV 488 als besonders „leistungsanregend“ angesehen werden kann. Dies könnte Pietschnig und Kolleg\*innen (2010) zufolge die leichte Differenz zwischen MO und OM erklären. Ein zentrales Ergebnis der Meta-Analyse ist außerdem der Befund, dass die Nähe zum Forschungsteam um Rauscher einen Einfluss auf die gefundenen Effektgrößen zu haben scheint. Diese Studien erreichten eine fast dreimal so hohe Effektstärke, wie alle anderen Studien. Dies war bereits Hetland (2000) aufgefallen, der sie jedoch auf eine spezielle Vorgehensweise der Forscherteams zurückführte. Pietschnig und Kolleg\*innen (2010) hingegen vermuten darin eher eine systematische Verzerrung, da Studien, die den Anweisungen von Rauscher und Kolleg\*innen genau gefolgt waren, dennoch nicht auf solch hohe Effektstärken kamen. In der Tat wurden Rauscher und Kolleg\*innen wegen methodischer Mängel kritisiert. So erheben Fudin und Lembessis (2004) in einem kritischen Bericht erhebliche Vorwürfe gegen die methodische Vorgehensweise ihrer Kolleg\*innen, die das grundlegende Studiendesign, die Berechnung der „IQ-Werte“, die fehlende Base-Line-Messung<sup>37</sup>, die statistischen Analysen sowie die mangelnde Neutralität bei der Interpretation der Ergebnisse betreffen. Pietschnig und Kolleg\*innen (2010) nehmen aufgrund mehrerer Rechenverfahren eine Verzerrung der Ergebnisse durch den *Publication Bias* an. Nicht-publizierte Studien erzielten insgesamt niedrigere Effektstärken, was eine Korrektur des allgemeinen Effekts nach unten erfordere. Pietschnig und Kolleg\*innen (2010) schließen ihre Meta-Analyse wie folgt ab:

In summary, this study shows that there is little support for a Mozart effect considering the cumulative empirical evidence. (...) Overall effects turned out to be significant but small and not substantially different from effects of other kinds of music. (...) On the whole, there is little left that would support the notion of a specific enhancement of spatial task performance through exposure to the Mozart sonata KV 448. (2010, S. 322)

Der Meta-Analyse von Pietschnig und Kolleg\*innen (2010) zufolge, spricht die Studienlage nicht für einen spezifischen „Mozart-Effekt“, aber möglicherweise für einen leichten „Musik-Effekt“ im Vergleich zu den Nicht-Musik-Bedingungen. Die Vermischung von Nicht-Musik-Bedingungen mit den Stille-Bedingungen könnte allerdings dazu geführt haben, dass mögliche Effekte einer Nicht-Musik-Bedingung, wie etwa eine spannende Geschichte zu hören, nicht sichtbar wurden. Dies untersuchten die kanadischen Forscher\*innen Nantais und Schellenberg (1999). Nachdem sie in ihrem ersten Experiment neben einem „Mozart-Effekt“ auch einen „Schubert-Effekt“ fanden, fragten sie sich, ob nicht auch eine andere angenehme oder anregende Bedingung zu einer Verbesserung der räumlich-abstrakten Aufgaben führen

---

<sup>37</sup> Eine Base-Line-Messung dient dazu, die nachfolgenden Ergebnisse besser einordnen zu können. So kann dadurch überprüft werden, ob die Gruppen sich bereits von Anfang an unterschieden und ob die Mozart-Bedingung tatsächlich zu einer Verbesserung der Leistung geführt hat.

könnte. Als sie die Kontrollbedingung „Stille“ durch „Geschichte hören“ ersetzen, verschwand der „Mozart-Effekt“. Darüber hinaus schnitten die Proband\*innen in der von ihnen bevorzugten Bedingung besser ab. Die Autor\*innen schlussfolgern, dass die Präsentation eines angenehmen und interessanten Reizes zu einer Verbesserung der Stimmung und dadurch zu einer besseren Leistung geführt haben könnte. Aufgrund einer fehlenden Baseline-Messung könnte es allerdings auch umgekehrt gewesen sein, nämlich dass die Bedingung „Stille“ zu einer schlechten oder gelangweilten Stimmung geführt haben und sich die ursprüngliche Leistung dadurch verschlechtert haben könnte (Nantais & Schellenberg, 1999).

### *Transfereffekte*

Auch wenn die Existenz eines „Mozart-Effekts“ empirisch nicht nachgewiesen werden konnte, so entfachte der „Mozart-Effekt“ eine bis heute anhaltende Diskussion um mögliche Transfereffekte durch Musik (Kowal-Summek, 2018). Transfer bedeutet *„die erfolgreiche Anwendung angeeigneten Wissens bzw. erworbener Fähigkeiten im Rahmen einer neuen, in der Situation der Wissens- bzw. Fertigungsaneignung noch nicht vorgekommenen Anforderung“* (Stern, 2009, zitiert nach Kowal-Summek, 2018, S. 347). In der Literatur wird zwischen einem generellen und einem spezifischen Transfer unterschieden (Edelmann & Wittmann, 2019). Der generelle oder ferne Transfer bezieht sich auf eine Übertragung von allgemeinen Fähigkeiten, die in einem Bereich erworben wurden, auf einen anderen Bereich. So soll der Unterricht von Schulfächern wie Mathematik neben bereichsspezifischen Fähigkeiten auch die allgemeine geistige Denkleistung, wie beispielsweise logisches Denken, steigern. Diese Fähigkeit könnte dann etwa auf logische Fragestellungen der Philosophie übertragen werden. Spezifischer Transfer meint dagegen die Übertragung von Wissen und Fertigkeiten auf identische oder ähnliche Aufgaben innerhalb eines Bereichs (Edelmann & Wittmann, 2019). Solch ein Transfer tritt beispielsweise auf, wenn ein Geiger auf einer Bratsche spielt oder wenn eine Pianistin eine Übemethode auf unterschiedliche Stücke überträgt. Auch wenn Transfer das Ziel vieler Bildungseinrichtungen darstellt, scheint sich Transfer nicht automatisch einzustellen. Wissen zur Bewältigung neuer Aufgaben kann nur dann genutzt werden, wenn bestimmte Voraussetzungen gegeben sind, wie etwa bewusste Vergleiche und Analogiebildung (Mähler & Stern, 2006, zitiert nach Edelmann & Wittmann, 2019, S. 226). Dabei ist ein spezifischer oder naher Transfer deutlich häufiger zu beobachten, als ein genereller oder ferner Transfer (Edelmann & Wittmann, 2019; Sala & Gobet, 2017).

In der Forschung zu Transfereffekten durch Musik muss zunächst einmal zwischen der Musikwirkungsforschung und den Auswirkungen des Musizierens unterschieden werden. Allzu oft wird das bloße Hören von Musik und das individuelle Ausführen von Musik in diesem Kontext gleichgesetzt oder vermischt. Doch wie Husain und Kolleg\*innen (2002) anmerken, sind die neuronalen Prozesse, die einem passiven Musikhören und einem aktiven Musizieren zugrunde liegen, mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht identisch. Die Musikwirkungsforschung

beschäftigt sich unter anderem mit der Frage, wie Musik im Gehirn verarbeitet wird und welche kurz- oder langfristigen Auswirkungen Musik beispielsweise auf die Stimmung, aber auch auf die kognitive Leistung hat (Gruhn, 2005). Man ist sich darin einig, dass Musik eine Wirkung auf Menschen hat (Kowal-Summek, 2018). Diese Wirkung von Musik lässt sich sowohl physiologisch, etwa anhand des Herzschlags, der Atmung oder von Hirnströmen, als auch mittels psychologischer Befragungen messen. Oft wird dabei die Stimmung (positiv, negativ) mit der Modalität (Dur, Moll) experimentell in Verbindung gebracht, während die Aktivität (aktiv, träge) auf das Tempo (langsam, schnell) zurückgeführt wird (siehe beispielsweise Husain et al., 2002). Dass dies eine starke Vereinfachung der Musik und ihrer Wahrnehmung ist, versteht sich von selbst. Die Wirkung von Musik ist – wie Musik selbst – komplex und hängt von vielen Faktoren ab, wie zum Beispiel die Vorerfahrungen und Präferenzen der Hörer\*innen. „Die Wirkung der Musik auf den Menschen“ kann es somit nicht geben (Bastian, 2012, zitiert nach Kowal-Summek, 2018, S. 347).

Die Forschung, die sich mit Auswirkungen des Musizierens beschäftigt, untersucht häufig die strukturelle Plastizität von Musiker\*innen im Vergleich zu Nicht-Musiker\*innen (siehe Kapitel 2.2.3), aber auch die Frage nach einem Transfer kognitiver Fähigkeiten. Das Problem bei dieser Art von Forschung ist allerdings, das sich meist nicht sagen lässt, ob das Musizieren wirklich die Ursache für mögliche Unterschiede darstellt (Román-Caballero et al., 2022). Beispielsweise könnte in einer Studie ein Intelligenzunterschied zwischen Schüler\*innen, die seit vielen Jahren ein Instrument spielen und Schüler\*innen, die kein Instrument spielen, festgestellt werden. Dieser Befund könnte darauf zurückgeführt werden, dass Schüler\*innen, die ein Instrument spielen wollen, bereits von vorneherein eine höhere Intelligenz und Leistungsbereitschaft aufwiesen. In dem Fall wäre das Musizieren also eine Folge und nicht die Ursache der höheren Intelligenz (Selection Bias). Um dieses Problem zu umgehen, sind Langzeitstudien mit Kontrollgruppen und einem Prä-Post-Design notwendig, die einen Vorher-Nachher-Vergleich ermöglichen. Auf diese Weise können bereits zu Beginn bestehende Unterschiede zwischen den Gruppen (Experimental- und Kontrollgruppe) überprüft und mögliche Auswahleffekte entdeckt werden. Noch besser ist die zufällige Zuteilung von Kindern zu einer der beiden Gruppen (Randomisierung). Bei Randomisierung mit ausreichend großen Gruppen geht man davon aus, dass die Gruppen eine vergleichbare Startbedingung haben (Rasch et al., 2014).

Die Auswirkungen des Musizierens auf die strukturelle und funktionelle Plastizität wurden bereits in Kapitel 2.2.3 ausführlicher besprochen. Hinsichtlich der Frage nach einem generellen Transfer wurden zahlreiche Studien durchgeführt. Eine Übersicht zu diesem Thema findet man bei Jäncke (2008) oder Kowal-Summek (2018). Aufgrund der Vielzahl an Untersuchungen, werde ich mich an dieser Stelle nur auf zwei neuere Meta-Analysen beziehen. Meta-Analysen haben den Vorteil, dass sie viele Studien nach bestimmten Kriterien

sammeln und mithilfe einer systematischen Analyse zu einem Ergebnis oder einer Tendenz hinsichtlich einer Forschungsfrage kommen (Rasch et al., 2014).

Die Meta-Analyse von Sala und Gobet (2017) untersuchte die Effekte von schulischem Musikunterricht auf kognitiv-akademische Fähigkeiten, wie Intelligenz, Gedächtnis, räumliches Denken, mathematische und sprachliche Fähigkeiten. Sie analysierten 38 Studien, die mindestens eine Kontrollgruppe aufwiesen. Über alle Studien hinweg fanden die Forscher\*innen einen durchschnittlichen Effekt von  $\bar{d} = 0.14$ . Eine Moderatorenanalyse ergab, dass die Art des Ergebnisses, die Randomisierung und das Vorhandensein einer aktiven Kontrollgruppe einen Einfluss auf den Effekt hatten. Bei Studien mit Randomisierung ( $\bar{d} = 0.09$ ) und aktiven Kontrollgruppen ( $\bar{d} = 0.03$ ) verschwand der Effekt fast vollständig. Studien, die sowohl Randomisierung als auch aktive Kontrollgruppen einsetzten, wiesen gar einen durchschnittlichen Effekt von  $\bar{d} = -0.12$  auf, während Studien ohne Randomisierung und aktiven Kontrollgruppen einen Effekt von  $\bar{d} = 0.33$  erreichten. Daran zeigt sich, dass der Effekt umso kleiner wird, je besser das Design der Studie ist. Hinsichtlich der Art des Ergebnisses gab es nur signifikante Effekte für Gedächtnis und Intelligenz, nicht aber akademische Fähigkeiten (wie Mathematik). Die Autor\*innen vermuten jedoch, dass diese Effekte auf Grund methodischer Schwächen der Studien zustande gekommen sind. Die Meta-Analyse von Sala und Gobet (2017) kommt zu dem Ergebnis, dass kein allgemeiner Transfer von Musikunterricht auf kognitive Fähigkeiten stattfindet. Allerdings geben Román-Caballero und Kollegen (2022) zu bedenken, dass Sala und Gobet (2017) in ihrer Meta-Analyse sowohl instrumentale<sup>38</sup>, als auch nicht-instrumentale Interventionen miteinschlossen und der nicht-instrumentale Teil mit 73% deutlich überwog. Da jedoch instrumentale Interventionen laut Román-Caballero und Kollegen (2022) größere Transfereffekte erreichen sollten, als nicht-instrumentale Interventionen, könnte das Ergebnis von Sala und Gobet (2017) dadurch verzerrt sein. Dazu kommt, dass die nicht-instrumentalen Studien durchschnittlich bessere Studiendesigns aufwiesen. Als Román-Caballero und Kollegen (2022) randomisierte instrumentale und nicht-instrumentale Studien der Meta-Analyse von Sala und Gobet (2017) miteinander verglichen, wiesen die instrumentalen Studien im Vergleich höhere Effekte auf ( $\bar{g}_\Delta = 0.23$  und  $\bar{g}_\Delta = 0.01$ ). Um der Frage nach den Transfereffekten von instrumentalen Interventionen nachzugehen, führten Román-Caballero und Kollegen (2022) eine Meta-Analyse durch, in der sie nur instrumentale Studien mit Prä-Post-Design und aktiven oder passiven Kontrollgruppen analysierten. Die 34 Stichproben bestanden aus Kindern und Jugendlichen mit einem Durchschnittsalter von 8 Jahren, die durchschnittlich 17 Monate lang ein Instrument erlernten und keine Vorerfahrung hatten. Über alle Studien hinweg fanden die Autoren einen kleinen positiven aber signifikanten Effekt von  $\bar{g}_\Delta = 0.26$  hinsichtlich verschiedener kognitiver Fähigkeiten, darunter visuell-räumliche Fähigkeiten, exekutive

---

<sup>38</sup> Studien, in denen Kinder oder Jugendliche ein Instrument lernen.

Funktionen, Arbeitsgedächtnisfunktionen sowie Lese- und Schreibfähigkeiten. Dieser Effekt unterschied sich überraschenderweise nicht zwischen randomisierten und nicht-randomisierten Studien sowie Studien mit Selbstselektion. Bei der Überprüfung von Baseline-Unterschieden zwischen Experimental- und Kontrollgruppe fanden sie jedoch einen signifikanten Unterschied zugunsten der Experimentalgruppe innerhalb der Gruppe der Studien mit Selbstselektion. Kinder und Jugendliche, die sich freiwillig für eine musikalische Ausbildung entschieden hatten, wiesen somit etwas bessere kognitive und akademische Ausgangswerte auf, als ihre Mitschüler\*innen. In einer anschließenden Moderatorenanalyse, bei der der Einfluss diverser Variablen auf das Endergebnis untersucht wird, fanden die Autoren für die meisten Moderatoren (Art der Kontrollgruppe, die Dauer des Programms, das Alter der Teilnehmenden oder geringer sozioökonomischer Status) keinen signifikanten Einfluss. Bei der Moderatorenanalyse der randomisierten Studien zeichneten sich jedoch die Moderatoren Alter, Baseline-Unterschiede und sozioökonomischer Status als signifikante Moderatoren ab. Der Effekt war umso kleiner, je älter die Teilnehmenden waren und je besser ihre Performance bei der Baseline-Messung war. Der Effekt war dagegen umso größer, je geringer der sozioökonomische Status der Teilnehmenden war. Die Ergebnisse der Meta-Analyse deuten den Autoren zufolge darauf hin, dass positive Effekte des Musizierens ein Ergebnis von genetischen Prädispositionen und Umwelteinflüssen sind (nature and nurture). Nach dieser Auffassung würden bereits vorhandene kognitive Vorteile und ein höheres schulisches Leistungsniveau das Erlernen von musikalischen Fähigkeiten erleichtern. Darüber hinaus würde die Beschäftigung mit der komplexen Tätigkeit des Erlernens eines Musikinstruments über einen längeren Zeitraum hinweg zu neurokognitiven Anpassungen führen, die weitere Verbesserungen der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten und der schulischen Leistungen bewirken. Die Autoren argumentieren, dass Studien mit höheren positiven Effekten den Selection Bias unterschätzen (Román-Caballero et al., 2022).

Trotz der leichten positiven Transfereffekte, die das Instrumentalspiel nach der Meta-Analyse von Román-Caballero und Kollegen (2022) mit sich bringt, gilt wie in jedem anderen Bereich die einfache Lernregel: In erster Linie verbessert sich diejenige Fähigkeit, die man trainiert (Waterhouse, 2006). Das bedeutet, dass etwa Lese- und Schreibfähigkeiten am besten durch Lesen und Schreiben trainiert werden. Berufsmusiker\*innen sind durch Lern- und Übeprozesse an die Anforderungen ihres Instruments angepasst und hören die feinsten Unterschiede in der Musik (Klöppel & Altenmüller, 2013). Dadurch sind sie jedoch nicht automatisch in musikfernen Bereichen leistungsstärker oder gar intelligenter, als Menschen anderer Berufsgruppen. Dies legen auch Querschnittstudien nahe, die keine Intelligenz-Unterschiede zwischen Berufsmusiker\*innen und Nicht-Musiker\*innen finden (Brandler & Rammsayer, 2003; Helmbold et al., 2005). Zudem wird kritisiert, dass die gefundenen generellen Transfereffekte durch Musik nicht musikspezifisch sind und somit auch durch

andere Tätigkeiten erreichbar sind (Jansen-Osmann, 2008, zitiert nach Kowal-Summek, 2018).

An die Suche nach Transfereffekten knüpft sich die Hoffnung auf eine stärkere Legitimation des Musikunterrichts (Kowal-Summek, 2018). Dies hänge Vitouch und Kolleg\*innen (2009) zufolge mit der zunehmenden Ökonomisierung und „den modernisierten, schlank und zukunftsfähig gemachten, stromlinienförmigen gemachten Curricula“ zusammen, die keinen Platz für „die schönen Künste“ hätten (zitiert nach Kowal-Summek, 2018, S. 348). Transfereffekte, die sich auf die kognitive Leistung von Kindern auswirken, würden jedoch den Ruf des Musikunterrichts verbessern, da plötzlich ein unmittelbarer „Nutzen“ vorläge (ebd.). Dies könnte sogar dazu führen, dass Schulen mehr in den Musikunterricht investieren: *„If music training enhances children's and young adolescents' cognitive skills and school grades, then schools might consider implementing additional musical activities“* (Sala & Gobet, 2017, S. 56). Diese Argumentation bringt allerdings einen bitteren Beigeschmack mit sich. Die Suche nach Transfereffekten erweckt nämlich den Eindruck, als ob Musik oder Musizieren um seiner selbst willen nicht ausreichen würde und man nach „wichtigeren“ Gründen suchen müsse, um Musikunterricht zu legitimieren. Altenmüller (2006b, zitiert nach Kowal-Summek, 2018, S. 352) nimmt dazu wie folgt Stellung: *„Musik und Musizieren brauchen keine vordergründige Legitimation, denn hoffentlich niemand würde auf die absurde Idee kommen, Musik zu machen, um intelligent zu werden. Nein, Musik ist eine menschliche Notwendigkeit und Teil unseres Lebens.“* Menschen machen in der Regel nicht Musik, um klüger zu werden oder besser in Mathematik zu sein. In einer qualitativen Untersuchung befragte Bastian (1989) musizierende Jugendliche nach der Funktion, die die Musik für sie hat. In einer Inhaltsanalyse stellte sich heraus, dass Musik gleich mehrere Funktionen für die Jugendlichen erfüllte, darunter emotional-psychische Funktionen, Funktionen des Selbstausdrucks, der Selbstfindung und der Selbstverwirklichung, persönlichkeitsprägende Funktionen, kommunikativ-soziale Funktionen und ästhetische Funktionen. Auch die Tatsache, dass Menschen immer schon Musik gemacht haben, spricht dafür, dass Musik und Musizieren eine innere Notwendigkeit des Menschen darstellt (Altenmüller, 2018).

### **3.2.5 Der Mythos der „Kritischen Perioden“**

Ein laut der Neuromythen-Forschung weit verbreiteter Mythos betrifft das Lernen in den ersten drei Lebensjahren (engl., the three-years-myth). Dabei wird angenommen, dass es sich bei der Phase von null bis drei Jahren um eine kritische Periode handle, in der die Gehirnentwicklung mithilfe anregender Umgebung verbessert werden kann. Ab einem Alter von 3 Jahren würde sich das Lernfenster jedoch wieder schließen, was dazu führe, dass sich nicht „rechtzeitig“ angelegte Fähigkeiten später nicht mehr nachholen ließen.<sup>39</sup> In einer

<sup>39</sup> Es geht hier wohlgerne nicht um die Auswirkungen einer Deprivation oder einer Erkrankung wie der Linsentrübung (2.2.2).

Umfrage von Dekker und Kolleg\*innen (2012) stimmten 95% (UK) bzw. 56% (NL) der Lehrenden folgender Aussage zu: „*Environments that are rich in stimulus improve the brains of pre-school children.*“ In einer Erhebung von Grospietsch und Mayer (2019) glaubten 81% daran, dass Kinder, die jünger als drei Jahre alt sind, am besten lernen würden. Etwas weniger, 56% stimmten mit der Aussage überein, dass es kritische Perioden für die Kindesentwicklung gebe. Dündar und Gündüz (2016) fanden eine Zustimmung von etwa 40% hinsichtlich der folgenden Aussage: „*There are critical periods in childhood after which certain things can no longer be learned*“. In einer Meta-Analyse zur Prävalenz von Neuromythen belegte der „Kritische-Perioden“-Mythos den zweiten Platz der am häufigsten geglaubten Neuromythen mit durchschnittlich 58% Zustimmung (Torrijos-Muelas et al., 2020).

Grospietsch und Lins (2021) zufolge gibt es einen ‚wahren Kern‘, der diesem Neuromythos zugrunde liegt. In Bezug auf das immer wieder auftauchende Alter von drei Jahren vermuten sie, dass das Wissen über Gehirnreifungsprozesse in diesem Alter zu falschen Annahmen geführt haben könnte. Im Alter von null bis drei Jahren findet der größte Wachstumsschub des Gehirns statt, bei dem ein Überschuss von Synapsen produziert wird (siehe 2.2.2). Dieser Prozess erreicht ungefähr im Alter von drei Jahren seinen Höhepunkt und wird gefolgt von dem Prozess des Prunings, bei dem eine Vielzahl von Synapsen wieder abgebaut werden. Aus dieser Erkenntnis werden Grospietsch und Lins (2021) zufolge falsche Schlüsse gezogen. So wird die hohe Anzahl an Synapsen als Zeichen in den ersten Lebensjahren fälschlicherweise mit einer höheren Gehirnkapazität gleichgesetzt. Erwachsenengehirne werden als weniger lernfähig und „schlechter“ eingestuft und alle weiteren Reifungsprozesse ab dem Alter von 3 Jahre tendenziell als eine negative Entwicklung betrachtet. Übersehen wird dabei, dass gerade der Abbau von Synapsen wesentlich für die Gehirnreifung ist. Dies zeigt sich unter anderem auch daran, dass intelligente Menschen im Durchschnitt weniger Synapsen benötigen (Genç et al., 2018). Erwachsene verarbeiten Informationen anders als Kinder, was aber nichts über die grundsätzliche Fähigkeit aussagt. So neigen Erwachsene dazu, neue Informationen in breiteren, besser vernetzten neuronalen Netzwerken zu verarbeiten, während Kinder neue Informationen schneller und effizienter in kleineren, differenzierteren Netzwerken verarbeiten können (OECD, 2002). Darüber hinaus sind Gehirnreifungsprozesse nicht unbedingt negativ, ganz im Gegenteil. Die fortschreitende Myelinisierung der Axone führt zu einer effizienteren Weiterleitung und Verarbeitung von Informationen. Durch die Myelinisierung des Frontalkortex können Erwachsene beispielsweise deutlich komplexere Probleme lösen (Siegler et al., 2016).

Auch die Vorstellung, man könne mithilfe bestimmter Reize auf die neuronale Struktur der Gehirne Einfluss nehmen, treffe nicht zu. Entscheidend sei nämlich nicht welcher Reiz dargeboten würde, sondern vielmehr wie dieser vom Kind verarbeitet werde (Grospietsch & Lins, 2021). Darüber hinaus fehlen bislang empirische Studien, die eindeutig belegen, dass

eine kindliche Frühförderung tatsächlich zu einer Verbesserung der kognitiven Leistung führe (Howard-Jones, 2014). Zwar weiß man, dass das völlige Ausbleiben von Umweltreizen (Deprivation) zu langfristigen negativen Folgen führen kann (siehe 2.2.2). Daraus lässt sich jedoch nicht der Umkehrschluss ableiten, dass vermehrte Umweltreize zu einer besseren Entwicklung führen (Howard-Jones, 2014).

Nichtsdestotrotz gibt es sogenannte sensible Phasen, in denen Menschen gewisse Fähigkeiten besonders gut lernen. Ein Beispiel, das dabei häufig genannt wird, ist der akzentfreie Erwerb einer Sprache auf Muttersprachenniveau (Gruhn, 2013). Insbesondere die Fähigkeit bestimmte phonemische Laute zu unterscheiden, geht weitestgehend verloren, wenn sie nicht in der frühen Kindheit angeregt werden (ebd.). Dies ist auch der Grund, warum Japaner\*innen die Unterscheidung von „l“ und „r“ schwerfällt oder Deutsche Schwierigkeiten haben, die unterschiedlichen Laute der koreanischen Sprache wahrzunehmen. Nichts destotrotz gibt es immer wieder Menschen, die beweisen, dass Fremdsprachen auch im erwachsenen Alter auf sehr hohem Niveau erlernt werden können, wenn auch mit mehr Mühe. Aus der Tatsache, dass Kinder Sprachen schneller und besser lernen, sollte zudem nicht geschlussfolgert werden, dass dieses Prinzip automatisch auf alle Lerninhalte zutrifft.

Die Idee eines sich für immer schließenden Lernfensters stammt aus der biologischen Verhaltensforschung (Cho, 2019). Vor allem die Forschung des Zoologen und Medizin-Nobelpreisträgers Konrad Lorenz hat zum Konzept der Prägung (engl., imprinting) bei Enten und Kranichen beigetragen. Er fand heraus, dass Gänseküken so „programmiert“ sind, dass sie das erste lebende Objekt als ihre wichtigste Bezugsperson, als ihre Mutter, anerkennen. Lorenz bewies seine Theorie unter anderem dadurch, dass er selbst die Mutterrolle einnahm, sodass ihm die Küken auf Schritt und Tritt folgten. Prägung ist eine bestimmte Form des Lernens, die sich von anderen Lernformen dadurch unterscheidet, dass sie irreversibel ist und in einem bestimmten Zeitfenster erfolgt (Hess, 1964). Dieses Zeitfenster, das bei den Entenküken um die 36 Stunden beträgt, wird in der biologischen Verhaltensforschung als „kritische Periode“ bezeichnet. Da es bei Menschen jedoch keine vergleichbaren kritischen Perioden gibt, werden Phasen, in denen Menschen bestimmte Fähigkeiten, wie die Muttersprache, besonders gut lernen, als sensible Phasen (engl., sensitive phase) bezeichnet (Cho, 2019). Dabei sind sensible Phasen viel flexibler als kritische Perioden, sodass (bis auf wenige Ausnahmen) die meisten Fähigkeiten grundsätzlich auch später noch erworben werden können. Der allgemein bekannte Spruch „Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmer mehr“ sollte somit deutlich relativiert werden.

Eine Frage, die viele Musikpädagog\*innen und Psycholog\*innen beschäftigt, ist die Bedeutung sensibler Phasen für die musikalische Entwicklung, sowohl hinsichtlich einer allgemeinen ‚Musikalität‘, als auch hinsichtlich der Virtuosität am Instrument. Um dieser Frage nachzugehen, werden Studien durchgeführt, die Leistungsunterschiede und neuronale

Aktivitätsmuster zwischen Berufsmusiker\*innen mit ‚frühem Beginn‘ (meist vor dem Alter von sieben Jahren) und ‚spätem‘ Beginn (ab dem Alter von 7 Jahren) erheben. In einer aktuellen f-MRT-Studie an Berufsmusiker\*innen konnten Forscher\*innen ein Aktivierungsmuster finden, dass spezifisch bei frühen Beginnern auftrat (van Vugt et al., 2021). Dieses Aktivierungsmuster korrelierte mit der motorischen Genauigkeit des Klavierspiels. Um Überzeit-Effekte auszuschließen, verglichen die Forscher\*innen Musiker\*innen mit ähnlichen Überzeiten.<sup>40</sup> Die Forscher\*innen schlossen aus den Ergebnissen, dass der Zeitpunkt, ab wann ein Instrument erlernt wird, einen Einfluss auf die spätere Leistung hat. Jedoch bleibt diese Studie eine Korrelationsstudie, sodass streng genommen keine Kausalschlüsse gezogen werden dürften (siehe 2.3.1). Des Weiteren sagt die Studie nichts darüber aus, wie die musikalische Qualität der Darbietungen war. Schließlich geht es bei einem musikalischen Vortrag um mehr, als nur um eine möglichst präzise Abfolge von Bewegungen. Dennoch scheinen sich Hinweise aus den Neurowissenschaften zu mehren, die dem Alter des Instrumentalspiel-Beginns eine gewisse Bedeutung beimessen (Cho, 2019). Dies gilt besonders in Bezug auf die allgemeine motorische, auditive und sensomotorische Verarbeitung und die damit einhergehenden neuronalen Aktivierungsmuster (beispielsweise Watanabe et al., 2007). Mögliche allgemeine Auswirkungen des Instrumentalerwerbs wurden bereits in Kapitel 3.2.4 besprochen. Wie aber sieht es mit musikspezifischeren Parametern aus?

Für die Entwicklung eines absoluten Gehörs scheint ein frühes (sechs Jahre oder früher) und intensives musikalisches Training von großer Bedeutung zu sein (Klöppel & Altenmüller, 2013). Zwar scheint absolutes Gehör auch eine genetische Komponente zu besitzen (Zatorre, 2003), doch Forschungen zur Musikwahrnehmung von Säuglingen legen nahe, dass Menschen mit einem mehr oder weniger ausgeprägten absoluten Gehör geboren werden (Saffran & Griepentrog, 2001). Diese Fähigkeit ginge jedoch bei mangelndem Training wieder verloren und könne im Erwachsenenalter nicht mehr wiedergelernt werden (Klöppel & Altenmüller, 2013). Die Fähigkeit des absoluten Gehörs scheint somit vom Training in einer sensiblen Phase abhängig zu sein. Wichtig zu erwähnen ist jedoch, dass musikalische Leistung kein absolutes Gehör voraussetzt.

Der amerikanische Psychologe Edwin E. Gordon hat sich viele Jahre empirisch mit der Frage der musikalischen Entwicklung von Kindern auseinandergesetzt. Er unterscheidet zwischen musikalischer Begabung (engl., aptitude) als Lernpotenzial und musikalischer Leistung als Lernergebnis (Gordon, 1985). Musikalische Begabung sei dabei ein Ergebnis aus Anlage und Umwelt (engl., nature-nurture). Da die objektive Einschätzung des Lernpotenzials im Alltag eine große Herausforderung darstellt und häufig mit der musikalischen Leistung verwechselt wird, entwickelte Gordon eine Reihe von Tests, die den Grad der musikalischen

---

<sup>40</sup> Man weiß aus der Expertise-Forschung, dass die gesammelte Anzahl der Übestunden ausschlaggebend für das Erreichen einer Expertise ist (Gruber & Ziegler, 2013). Ohne Kontrolle dieser Variable wären Leistungsunterschiede auf eine unterschiedliche Übestunden-Anzahl zurückführbar.

Begabung von Kindern objektiv erheben sollten. Diese Tests messen sowohl die tonhöhenbezogene Begabung (tonal aptitude)<sup>41</sup>, als auch die rhythmische Begabung (rhythm aptitude). Dabei stellte er fest, dass sich Kinder bis zum Alter von etwa neun Jahren in den Tests verbesserten, sich die Ergebnisse ab diesem Alter jedoch unabhängig von der Menge des musikalischen Trainings zu stabilisieren schienen (Gordon, 1986). Daraus schlussfolgerte er, dass die Zeitspanne von null bis neun Jahren eine Art sensible Phase für die Entwicklung der musikalischen Begabung (engl., developmental music aptitude) darstellt (Gordon, 1985). Ab einem Alter von neun Jahren spricht Gordon hingegen von einer gefestigten musikalischen Begabung (engl., stabilized music aptitude). Gordon betont immer wieder, dass die musikalische Förderung im Idealfall so früh wie möglich, in den ersten Lebensmonaten, beginnen sollte. Dabei ginge es im ersten Schritt hauptsächlich darum, Kindern viele Melodien und Rhythmen vorzusingen, um ihre Hörvorstellung (engl., audiation) zu schulen. *„Je zielgerichteter frühe indirekte und direkte Unterweisung in Musik sind, desto höher wird der Grad sein, auf dem sich die musikalische Begabung des Schülers stabilisieren wird“* (Gordon, 1985, S. 163).

Hinsichtlich der Entwicklung einer allgemeinen ‚Musikalität‘, als auch hinsichtlich der Virtuosität am Instrument scheint der Grundsatz zu gelten „je früher, desto besser“. Allerdings ist auch dies nicht so zu verstehen, dass sich Lernfenster für immer schließen. Es wird lediglich mühsamer, eine mangelnde musikalische Förderung im Jugendlichen- und Erwachsenenalter nachzuholen. Erkenntnisse aus der Hirnforschung, die die Plastizität von erwachsenen Gehirnen nachweisen, zeigen, dass Lernen ein Leben lang möglich ist. Und schließlich gilt ohnehin, dass man glücklicherweise kein\*e Virtuos\*in sein muss, um Freude an der Musik zu empfinden.

### 3.3 Prävention von Neuromythen – zukünftige Forschung

An den ausgewählten Beispielen wird deutlich, welche weitreichenden Konsequenzen die weite Verbreitung von Neuromythen haben können, insbesondere dann, wenn sie politische Maßnahmen oder Unterrichtsmethoden beeinflussen. Selbst wenn etwa das Hören von Mozarts Musik in der frühen Kindheit oder Koordinationsübungen zwischen den Unterrichtsstunden an sich nicht schädlich sind, sondern für manches gar förderlich sein kann, bringen Neuromythen dieser Art einen indirekten Schaden mit sich. So können Neuromythen beispielsweise dazu führen, dass Ressourcen für eine ineffiziente Methode verwendet werden, während effizientere Methoden nicht die nötige Verbreitung finden. Das Festhalten an falschen Vorstellungen behindert zudem das Verständnis zu Grunde liegender Prozesse und die Weiterentwicklung neuer Lehr-Lernformen (Pasquinelli, 2012). Manche Neuromythen können allerdings auch einen direkten Schaden anrichten. So könnte etwa der Glaube an eine

---

<sup>41</sup> Darunter zählen unter anderem Tonhöhenunterscheidung, Intonation, Melodiegedächtnis und harmonisches Hören.

genetisch determinierte Intelligenz dazu führen, dass Kinder nicht adäquat gefördert werden, was langfristige negative Folgen haben könnte. In anderen Bereichen, wie der medizinischen Behandlung, können falsche Überzeugungen sogar dazu führen, dass lebensrettende Behandlungen oder notwendige Impfungen nicht angenommen werden (Unkelbach et al., 2019). Die Frage, wie Neuromythen und andere Mythen in der Gesellschaft überwunden werden können, ist somit von großer Relevanz. Lehrende nehmen dabei eine verantwortungsvolle Rolle ein, da sie als Multiplikator\*innen fungieren. Umso bedauerlicher ist es, dass gerade auch diese Berufsgruppe so stark an Neuromythen glaubt und Unterrichtspraktiken einsetzt, die auf Neuromythen basieren (Deibl & Zumbach, 2020; Dekker et al., 2012; Dündar & Gündüz, 2016; Düvel et al., 2017; Gini et al., 2021; Grospietsch & Jürgen, 2018; Grospietsch & Lins, 2021; Grospietsch & Mayer, 2019, 2020; Idrissi et al., 2020; Sullivan et al., 2021; Torrijos-Muelas et al., 2020).

Manche Forscher\*innen führen Neuromythen auf eine zu große Lücke (Gap) zwischen Neurowissenschaften und Pädagogik zurück (Howard-Jones, 2014; Torrijos-Muelas et al., 2020). Mangelnde Kommunikation, Missverständnisse, verschiedene Fachsprachen und ein fehlender Zugang zu Originalpublikationen wären unter anderem für die Entstehung und Verbreitung von Neuromythen verantwortlich. Diese Lücke könne jedoch durch eine „Brückendisziplin“, der Neurodidaktik (engl. *neuroeducation*), geschlossen werden, so die Annahme. Ein Beispiel für einen solchen Austausch ist das BrainWaves-Program, ein Vermittlungsprojekt der New York University an weiterführenden Schulen (engl. high schools). Bei diesem Projekt halten Lehrende gemeinsam mit Wissenschaftler\*innen einen Kurs, in dem die Jugendlichen nicht nur praktisch an die Funktionsweise und Anatomie des Gehirns, sondern auch an Grundprinzipien empirischer Forschung herangeführt werden (Azeka et al., 2020). Leider scheint mehr Grundlagenwissen jedoch nicht automatisch zu weniger Glauben an Neuromythen zu führen (Krammer et al., 2019). So führte in einer Studie von Im und Kolleg\*innen (2018) die Teilnahme an einem neurowissenschaftlichen Kurs bei Lehrenden zu einem tiefgründigeren Fachwissen im neurowissenschaftlichen Bereich, nicht aber zu einer Reduktion der Neuromythen. Mehr (Halb-)Wissen über das Gehirn korrelierte in manchen Studien sogar positiv mit dem Glauben an Neuromythen (Dekker et al., 2012; Grospietsch & Mayer, 2019; Krammer et al., 2019; Richard et al., 2018).

Neuromythen lassen sich auch mithilfe eines automatischen Feedbacks im Rahmen einer Befragung korrigieren. Die Wirksamkeit dieser Korrektur wird in einer Follow-Up-Erhebung<sup>42</sup> getestet und mit dem Anfangsniveau verglichen. Rich und Kolleg\*innen (2017) fanden heraus, dass die Korrektur der Neuromythen erfolgreicher war, wenn die Probanden neben einem simplen Feedback (wahr, falsch), eine Erklärung erhielten und dieser Erklärung auch Glauben schenkten. Lithander und Kolleg\*innen (2021) untersuchten ebenfalls den

---

<sup>42</sup> Eine Follow-Up-Erhebung ist eine wiederholte Messung derselben Personen zu einem späteren Zeitpunkt.

Effekt, den die schriftliche Korrektur von Neuromythen auf Proband\*innen hatte. Dabei fanden sie keinen Unterschied zwischen der Art der Erklärung (kurz, lang, mit oder ohne Bild). Alle Arten der Erklärung führten zu einer deutlichen Reduktion der Neuromythen im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Feedback. Dieser Effekt erwies sich auch noch nach einem zweiten Follow Up als stabil, was im Gegensatz zu Ferrero und Kolleg\*innen (2020) steht, bei denen die Effekte der Korrektur nur kurzfristig anhielten. Nach einem zweiten Follow Up war der Glaube an Neuromythen wieder auf das Anfangslevel gestiegen. Darüber hinaus hatte die Korrektur keinen Einfluss auf die Absicht der Lehrenden weiterhin Unterrichtsmethoden anzuwenden, die auf Neuromythen basieren. Laut Forscher\*innen kam sogar zu einem gegenteiligen Effekt: Lehrende neigten nach Korrektur der Neuromythen erst recht dazu, unwissenschaftliche Unterrichtspraktiken einzusetzen, ein Phänomen, welches auch als *backfire*-Effekt bezeichnet wird (Pasquinelli, 2012; Unkelbach et al., 2019). Wie hartnäckig Lehrende an ihren Praktiken festhalten, zeigte sich auch in einer Studie von Newton und Miah (2017), in der 46% der Lehramtstudierenden angaben, weiterhin an der Lerntypentheorie festzuhalten, selbst nachdem ihnen gesagt wurde, dass diese empirisch widerlegt wurde. Neuromythen scheinen somit nicht nur auf Missverständnissen, sondern auch auf tiefgreifenderen psychologischen Prozessen zu beruhen, die die Korrektur von Irrtümern erschweren.

Ein psychologisches Phänomen, das den Glauben an Neuromythen beeinflusst, ist der *truth-by-repetition*-Effekt („Wahrheit durch Wiederholung“). Je häufiger Menschen etwas hören, umso glaubwürdiger erscheint es ihnen. Die Stärke dieses Effekts in Bezug auf Mythen konnten Unkelbach und Greifeneder (2018) nachweisen. Proband\*innen hielten Aussagen eher für wahr, die sie häufiger gelesen hatten, selbst wenn es deutliche Hinweise darauf gab, dass die Aussage falsch sein könnte. Ein kognitionspsychologischer Mechanismus, der für den *truth-by-repetition*-Effekt verantwortlich zu sein scheint, ist eine erhöhte Vertrautheit (engl. *familiarity*) mit dem Inhalt und die damit einhergehende schnellere Verarbeitungsgeschwindigkeit (engl. *processing fluency*). Aus diesem Grund raten Unkelbach und Kolleg\*innen (2019) davon ab, einen Mythos zu negieren. Der Satz „Impfungen führen nicht zu Autismus“ verstärkt lediglich die falsche Assoziation „Impfung–Autismus“ und macht den Mythos dadurch nur glaubhafter. Zudem kann eine Verneinung auch zu *backfire*-Effekten führen, die eine Bestärkung des Mythos mit sich bringen. Des Weiteren neigen Menschen dazu, Informationen, die ihren Überzeugungen widersprechen, abzuwerten oder zu ignorieren, was als Bestätigungsfehler (engl. *confirmation bias*) bezeichnet wird. Besser als eine Negierung des Mythos wäre laut Unkelbach und Kolleg\*innen (2019) daher neue Sichtweisen und Argumente einzubringen, die das Verhältnis der fälschlich in Zusammenhang gebrachten Phänomene (in diesem Fall Impfungen und Autismus) in Frage stellen. So könnte

beispielsweise erwähnt werden, dass Impfungen sehr häufig durchgeführt werden, Autismus jedoch eine sehr seltene Krankheit ist.

Wie Neuromythen letztlich am besten reduziert werden, wird erst seit wenigen Jahren beforscht. Es scheint jedoch so zu sein, dass tiefliegende Überzeugungen und Praktiken sich nicht ausschließlich mit rationalen, empirischen Argumenten aus der Welt schaffen lassen. Möglicherweise ist der Glaube an (Neuro-)Mythen schlicht ein Bestandteil der menschlichen Natur, was der gänzlichen Aufklärung und Rationalisierung in der Bevölkerung entgegensteht. Laut Pasquinelli (2012) wäre es jedoch wünschenswert, dass wenigstens politische Entscheidungsträger\*innen und Institutionen ihre Entscheidungen nicht auf Neuromythen aufbauen und ihre Ressourcen mit Bedacht einteilen. Pasquinelli sieht einen Lösungsweg darin, Lehrende in kritischem Denken und im Umgang mit Forschungsliteratur zu schulen und mehr Bewusstsein für Neuromythen und kognitive Verzerrungen zu schaffen. Diesen Ansatz versuche ich mit der vorliegenden Arbeit zu verfolgen.

## 4 Fazit

Ziel dieser Arbeit war es, die Leser\*innen zu einer kritischeren Haltung zu ermutigen und ein breiteres Bewusstsein für Neuomythen in der Musikpädagogik zu schaffen. Im ersten Teil der Arbeit wurde der Werdegang der modernen Neurowissenschaften umrissen. Nachdem sowohl grundlegende Erkenntnisse über die Funktionsweise des Gehirns, als auch einige Argumente der Neuroskeptiker\*innen dargestellt wurden, wurde der Bedeutung neurowissenschaftlicher Forschung für die Musikpädagogik nachgegangen. Im zweiten Teil der Arbeit wurden gängige Neuomythen vorgestellt, sowie deren Prävalenz und Prävention besprochen. Im Folgenden werden die Ergebnisse und Kernaussagen der Arbeit in einem Schlussfazit zusammengefasst.

Die Hirnforschung hat westliche Gesellschaften des 21. Jahrhunderts als „the decade oft he brain“ stark geprägt. Besonders die neuen bildgebenden Verfahren haben große Hoffnungen geweckt, sowohl was die Behandlung psychischer Krankheiten, als auch die Optimierung von Lernen angeht. Ein Grund dafür ist, dass Bilder von Hirnscans und ein neurowissenschaftlicher Jargon eine sehr überzeugende, beinahe verführerische Wirkung haben. Sie erwecken den Eindruck, man könne dem Gehirn „live“ bei der Arbeit zusehen und als seien Hirnscans reine Abbilder der Realität. Warum diese Annahme nicht zutrifft, wurde in Kapitel 2.3.4 besprochen. Dennoch haben die neuen technischen Möglichkeiten zu einem enormen Zuwachs an Daten und Wissen im Bereich der Grundlagenforschung geführt (2.2). So weiß man immer mehr über die Funktionsweise des Gehirns, etwa wie Reize aus der Umwelt wahrgenommen und verarbeitet werden und unter welchen Bedingungen Gedächtnisinhalte effektiv gespeichert werden. Eine wesentliche Erkenntnis aus der (neurobiologischen) Hirnforschung ist, wie formbar und plastisch das Gehirn auf neuronaler Ebene ist (2.2.3).

Trotz der vielen Fortschritte im Bereich der Hirnforschung, bleibt die Erforschung des Gehirns aufgrund seiner enormen Komplexität ein sehr schwieriges Unterfangen. Bescheidenheit in Bezug auf das nach wie vor bestehende ‚Nicht-Wissen‘ sucht man bei prominenten Hirnforscher\*innen allerdings vergeblich. Neuroskeptiker\*innen sehen eine große Diskrepanz zwischen den selbstsicheren Auftritten von Hirnforscher\*innen in der Öffentlichkeit und der Belastbarkeit der empirischen Daten (2.3). Sie betonen, dass bisher kaum eines der propagierten Ziele der Neuroforschung erreicht worden sei (2.3.5). Außerdem kritisieren sie das reduktionistische Weltbild vieler Neurowissenschaftler\*innen, bei dem Menschen nur noch als eine Art „biochemische Maschine“ betrachtet werden und Gehirnen ein Eigenleben zugeschrieben wird (2.3.6). Neuroskeptiker\*innen verweisen auch auf die Überinterpretation von bildgebenden Verfahren (2.3.4) und die Verwechslung von Korrelation und Kausalität (2.3.1). Zudem ließen sich Forschungsergebnisse aus dem Labor nicht ohne weiteres verallgemeinern (2.3.2) und für viele Bereiche sei eine differenzielle Sichtweise von größerer

Bedeutung (2.3.3). Kritiker\*innen merken desweiteren an, dass neurowissenschaftliche Erkenntnisse oftmals nicht neu sind, sondern lediglich bereits bekanntes Wissen durch neuronale Korrelate erweitern (2.4). Hinzu kommen system-immanente Probleme wie der Publication Bias und das P-Value-Hacking, die zu einer Verzerrung der Wahrheit führen (2.3).

Die Kritik an den Neurowissenschaften ist auch als eine Reaktion auf die starke Medienpräsenz der Hirnforschung seit den 1990er Jahren zu verstehen. Den „Pisa-Schock“ sehen viele dabei als einen Katalysator, der zu einer Popularisierung der Hirnforschung in der Gesellschaft beigetragen hat. Das verhältnismäßig schlechte Ergebnis deutscher Schüler\*innen im Rahmen der Pisa-Studie aus dem Jahr 2000 führte nämlich dazu, dass Hirnforscher\*innen mit ihren neuen bildgebenden Verfahren als neue Hoffnungsträger\*innen für eine Schulreform angesehen wurden. Mit dem Ziel der Vermittlung zwischen Neurowissenschaften und Pädagogik wuchs zudem eine neue Wissenschaftsdisziplin heran: die Neurodidaktik (2.4). In dieser Disziplin wurde und wird der Versuch unternommen, neue Erkenntnisse aus der Hirnforschung für den Unterricht nutzbar zu machen und so das Lehren und Lernen zu verbessern. Bei genauerer Betrachtung stammen die meisten inhaltlich relevanten Befunde jedoch aus der Lernpsychologie und sind weitestgehend schon länger bekannt. Aus der neurobiologischen Hirnforschung lassen sich hingegen – anders als häufig behauptet – kaum praktische Konsequenzen für das Unterrichten ableiten. So lässt sich beispielsweise aus der Erkenntnis, dass das Gehirn formbar ist, nicht ableiten, *wie* es geformt werden soll. Bei dieser Frage geht es nämlich um viel mehr, als um die Umstrukturierung und Verschaltung von Synapsen. Es geht um bildungstheoretische Fragen, um ethische und politische Werte und um persönliche Überzeugungen. Bildungstheoretische Fragen können von Hirnforscher\*innen wohl kaum auf Grund Ihrer neurowissenschaftlichen Expertise beantwortet werden. Wenn Hirnforscher\*innen praktische Konsequenzen aus der neurowissenschaftlichen Forschung ableiten, dann übersehen sie meist, dass es sich bei diesen Ableitungen entweder um naturalistische Fehlschlüsse oder aber um pädagogische Trivialitäten handelt. Die Empfehlungen der Neurodidaktiker\*innen sind zudem methodisch unspezifisch und stellen eher Zielvorstellungen als Vermittlungsmethoden dar. Es wäre an der Zeit, dass Hirnforscher\*innen ihre ‚neurowissenschaftlich fundierten‘ Empfehlungen als das bezeichnen, was sie sind, nämlich Empfehlungen auf der Basis von persönlichen Überzeugungen und Alltagserfahrungen.

Die Bemühungen der Neurodidaktiker\*innen und der mediale Auftritt von renommierten Hirnforscher\*innen sowie ein zügelloser „Neuro-Enthusiasmus“ auf Seiten der Rezipient\*innen führen außerdem zu einem Problem, das Neurowissenschaftler\*innen und Pädagog\*innen gleichermaßen kritisieren: Der Verbreitung von Neuromythen (3.1). Wie weit der Glaube an Neuromythen unter Lehrenden verbreitet ist, haben mittlerweile viele Studien weltweit untersucht (3.1). Im kommerziellen, pseudowissenschaftlichen Bereich werden Neuromythen

außerdem gerne dazu benutzt, Produkte zu vermarkten. So gibt es Tests zur Einordnung in den jeweiligen „Lerntyp“ oder Programme, die versprechen das volle „Potenzial“ des Gehirns auszuschöpfen. Die Marke Brain Gym verkauft beispielsweise Koordinationsübungen zur besseren „Integration“ beider Gehirnhälften und verspricht dadurch ein müheloseres Lernen. Auch wenn Neurowissenschaftler\*innen vor vermeintlich „brain-based“ Angeboten eindringlich warnen (Spitzer, 2003), so sind sie selbst nicht ganz unschuldig an der Entstehung und Verbreitung von Neuromythen. Wissenschaftler\*innen haben oft genug bewiesen, dass sie in der Lage sind, ihre Ergebnisse bewusst zu verfälschen oder stark überzuphrasieren (Ritchie, 2020). Und wenn Roth etwa das Vorhandensein verschiedener Lernstile als gegeben beschreibt, so kann dies schnell als „Lerntypen-Mythos“ missverstanden werden: *„Ebenso gibt es unterschiedliche Lernstile: Der eine lernt am besten durch Zuhören, der andere muss etwas gelesen haben, der Dritte das Ganze zu Hause noch einmal überdenken usw.“* (Roth, 2009, S. 64). Letztlich ist meist die Verallgemeinerung und Vereinfachung von Studienergebnissen problematisch. Dies zeigte sich besonders bei der Verbreitung des „Mozart-Effekts“. Ein einzelnes Studienergebnis, das nur für die Stichprobe von Studierenden und ganz bestimmte Aufgaben galt, wurde so zu dem Mythos, dass die Musik von Mozart bzw. ganz allgemein klassische Musik die Intelligenz von Kindern fördere (3.2.4).

Die meisten Neuromythen enthalten einen ‚wahren Kern‘ oder einen datierbaren Ursprung. So lässt sich der „Lerntypen-Mythos“ auf die Lerntypen-Theorie von Vester (1998) zurückführen (3.2.1). Neben der theoretischen Plausibilität mangelt es dem Mythos an empirischer Bestätigung, was 30 Wissenschaftler\*innen dazu veranlasste einen offenen Brief gegen den „Lerntypen-Mythos“ zu verfassen. Letztlich scheint es zwar Präferenzen für bestimmte Lernarten bzw. Lernstrategien zu geben, doch Lerntypen ließen sich in breit angelegten Studien nicht beweisen, weshalb auch von einem einseitigen Lernen im Sinne „seines Lerntyps“ klar abgeraten wird. Stattdessen sollten beim Lernen besser mehrere Sinneskanäle angesprochen werden, um eine möglichst breite neuronale Vernetzung zu erreichen. Zudem ergeben sich Lernmodalitäten auch aus den Inhalten, die es zu vermitteln gilt. Dies abzuwägen, scheint sinnvoller zu sein, als den „Lerntyp“ seiner Schüler\*innen zu ermitteln.

Der „10%-Mythos“ ist ein sehr alter Neuromythos, der sich nur schwer auf ein bestimmtes Ereignis zurückdatieren lässt (3.2.2). Er besagt, dass Menschen nur 10% ihres Gehirns benutzen würden. Die Entstehung des Mythos könnte in der Fehlinterpretation einer Aussage des amerikanischen Psychologen William James liegen, welcher geäußert haben soll, dass die durchschnittliche Person nur einen Bruchteil ihres Potenzials ausschöpfe. Aus „wir nutzen nur Bruchteil unseres Potenzials“ wurde schließlich „wir nutzen nur 10% unseres Gehirns“ (Beyerstein, 2004). Der 10%-Mythos widerspricht bei näherer Betrachtung dem vorherrschenden neurowissenschaftlichen und evolutionswissenschaftlichen Wissen. Als

Metapher, dass einzelne Menschen ihre kognitiven Möglichkeiten nicht ausschöpfen, kann er womöglich motivierend sein, Neues zu lernen. Allerdings sei vor unseriösen Angeboten gewarnt, die eine „Freischaltung des gesamten Gehirnpotenzials“ oder Ähnliches versprechen.

Der „Hemisphären-Mythos“ führt Unterschiede zwischen Lernenden auf die Dominanz einer der beiden Gehirnhälften zurück (3.2.3). Er beruht auf der Annahme, dass die Gehirnhälften gänzlich unterschiedlich funktionieren und somit für unterschiedliche Fächer „zuständig“ seien (z.B. Kreativität-Musik rechts, Logik-Mathe links). Der wahre Kern hinter diesem Mythos ist, dass die Hemisphären tatsächlich für unterschiedliche kognitive Leistungen zuständig sind. Allerdings arbeiten beide Hemisphären immer als Einheit zusammen und ergänzen sich, indem sie über den Balken miteinander kommunizieren. Aus diesem Grund ist nicht etwa die rechte Gehirnhälfte für das Fach „Musik“ zuständig, vielmehr wird Musik von beiden Gehirnhälften gleichermaßen verarbeitet. Eine weitere Fehlannahme, die unter Lehrenden verbreitet ist, ist dass sich durch Koordinationsübungen die beiden Gehirnhälften besser vernetzen. Der wahre Kern dahinter ist, dass Gehirn und Körper überkreuzt verschaltet sind, sodass die rechte Gehirnhälfte die linke Körperhälfte und die linke Gehirnhälfte die rechte Körperhälfte steuert (Bear et al., 2018). Koordinationsübungen verbessern allerdings lediglich die Koordination, nicht aber den Verstand.

Der „Mozart-Effekt“ fand seinen Ursprung in einer Studie, die 1993 in der Fachzeitschrift *Nature* veröffentlicht wurde (3.2.4). Dabei entdeckten die Forscher\*innen, dass das 10-minütige Hören ihrer Versuchspersonen der Klaviersonate in D-Dur für zwei Klaviere (KV 488) von Mozart im Vergleich zu einer Stille-Bedingung mit einer verbesserten Leistung in Tests zum räumlichen Denkvermögen einherging. Da es sich bei den Leistungstests um Untertests eines Intelligenztests handelte, wurde die verbesserte Leistung in IQ-Punkten angegeben. Dies suggerierte, dass die Musik von Mozart die Proband\*innen klüger gemacht hätte. Nach Jahren der Diskussion und vielen Replikationsversuchen, gilt der „Mozart-Effekt“ nun als widerlegt. Forscher\*innen vermuten, dass es sich beim „Mozart-Effekt“ lediglich um einen Effekt höherer kortikaler Aktivierung handelte, der wiederum die Bewältigung der Tests erleichterte. Der „Mozart-Effekt“ hatte vor allem in den USA eine ganze Reihe von Folgen, wobei die staatliche Finanzierung von Klassik-CDs für jedes Neugeborene im Bundesstaat Georgia den Höhepunkt darstellte.

Der „Mozart-Effekt“ hat die Debatte um allgemeine Transfer-Effekte durch Musik befeuert (3.2.4). Zu diesem Zweck wurden zahlreiche Studien durchgeführt, an die sich auch die Hoffnung auf eine stärkere Legitimation des Musikunterrichts knüpfen. Über alle Befunde hinweg, konnten jedoch, wenn überhaupt, nur kleine positive Transfereffekte gefunden werden. Dabei scheinen die Effekte größer zu sein, bei Studien, in denen über einen bestimmten Zeitraum hinweg ein Musikinstrument gelernt wird. Einer aktuellen Meta-Analyse zu Folge sollen beim Erlernen eines Musikinstruments nebenbei auch visuell-räumliche

Fähigkeiten, exekutive Funktionen, Arbeitsgedächtnisfunktionen sowie Lese- und Schreibfähigkeiten verbessert werden (Román-Caballero et al., 2022). Allerdings erklären Baseline-Unterschiede zu Beginn der „Instrumentalspiel-Intervention“ ebenfalls einen Teil der später gemessenen Leistungsunterschiede, was bedeutet, dass Menschen mit diesen Fähigkeiten auch schlicht mehr dazu neigen, ein Instrument zu lernen. Es handelt sich somit um ein Zusammenspiel von Anlage und Umwelt. Kritiker\*innen der Transfer-Forschung geben zu bedenken, dass diese Transfereffekte auch durch andere Aktivitäten erreicht werden könnten und letztlich nicht musikspezifisch sind (Jansen-Osmann, 2008, zitiert nach Kowal-Summek, 2018). Außerdem zielen die Bemühungen um die Suche nach Transfer-Effekten am Kern der Sache vorbei. Denn Musik wird in den allermeisten Fällen um ihrer selbst willen gemacht. Es wäre absurd, Kindern vermehrt Musikunterricht zu erteilen, nur um beispielsweise deren mathematischen Fähigkeiten zu verbessern.

Das Wissen über die Gehirnreifungsprozesse von Kindern hat vermutlich zu der Befürchtung beigetragen, man könne die „kritische Periode“ der ersten drei Lebensjahre ungenutzt verstreichen lassen (3.2.5). Dabei wird implizit angenommen, dass Kleinkinder aufgrund der hohen Synapsenanzahl besonders gut lernen würden und geradezu unbegrenzte Lernkapazitäten hätten. Allerdings gibt es bislang keine Belege dafür, dass sich die Gehirnentwicklung von Kindern mit einer besonders anregenden Umwelt verbessern oder beschleunigen ließe. Genauso wenig kann die Netzwerkstruktur des Gehirns willentlich beeinflusst werden. Darüber hinaus stammt der Begriff „kritische Periode“ aus der biologischen Verhaltensforschung und bezeichnet eine Zeitspanne, in der eine irreversible Prägung auf das Muttertier stattfindet. Im Rahmen menschlicher Entwicklungsprozesse ist es daher passender anstatt von starren „kritischen Perioden“ von „sensible Phasen“ auszugehen, in denen Kinder bestimmte Reize brauchen, um ihre Sinne vollständig zu entwickeln (erwartungsabhängige Plastizität, 2.2.2). Dies geschieht jedoch ganz von selbst und erfordert in der Regel keine besondere Förderung. Im Bereich der musikalischen Entwicklung scheint ein früher Beginn sinnvoll zu sein, um motorische und musikspezifische Fähigkeiten bereits früh anzulegen. Dies bedeutet allerdings nicht, dass es nicht auch für Erwachsene sinnvoll und erfüllend sein kann, ein Musikinstrument zu lernen.

Bemerkenswert ist bei vielen Neuromythen, dass sie bereits seit vielen Jahren als widerlegt gelten und dennoch bis heute eine so weite Verbreitung finden (3.1). Grospietsch und Lins (2021) gehen von drei psychologischen Mechanismen aus, die diese Diskrepanz erklären könnten: Der familiarity-backfire-Effekt, der dafür sorgt, dass vertraute Mythen glaubwürdiger erscheinen, der worldview-backfire-Effekt, bei dem der Mythos eng mit der Weltsicht eines Menschen verknüpft ist, und der overkill-backfire-Effekt, bei dem die hohe Plausibilität eines Mythos als Schutzschild gegenüber komplexen Gegenargumenten dient. Diese Effekte beruhen teilweise auch auf dem truth-by-repetition-Effekt, dem zufolge die

wiederholte Darbietung von Inhalten zu einer leichteren kognitiven Verarbeitung und somit zu einer höheren Glaubwürdigkeit führt.

In Bezug auf die Prävention und Bekämpfung von Neuomythen gibt es bisher relativ wenig Forschung (3.3). Manche Ansätze gehen davon aus, dass Neuomythen einen Mangel an neurowissenschaftlichem Wissen darstellen und daher durch entsprechende Kurse abgebaut werden können. Jedoch scheint es nicht unbedingt so zu sein, dass ein höheres Wissen in diesem Bereich (neuroscientific literacy) automatisch zu einer Reduktion der Neuomythen führt. In einigen Fällen korrelierten neuroscientific literacy und Neuomythen sogar miteinander. Ein anderer Ansatz beforcht die Wirksamkeit von Feedback während eines Neuomythen-Fragebogens. Dabei scheint sich der Glaube an Neuomythen unabhängig von der Art des Feedbacks kurzfristig zwar zu reduzieren, langfristig jedoch wieder auf das Anfangsniveau zu steigen. Darüber hinaus hatte die Korrektur keinen Einfluss auf die Absicht der Lehrenden weiterhin Unterrichtsmethoden anzuwenden, die auf Neuomythen basieren. Forscher\*innen zufolge kam es sogar zu einem Backfire-Effekt: Lehrende neigten nach Korrektur der Neuomythen *erst recht* dazu, unwissenschaftliche Unterrichtspraktiken einzusetzen. Unkelbach und Kolleg\*innen (2019) raten davon ab, Mythen lediglich zu Negieren und empfehlen stattdessen neue Sichtweisen und Argumente einzubringen, die das Verhältnis der fälschlich in Zusammenhang gebrachten Phänomene in Frage stellen. Auch die Schaffung eines größeren Bewusstseins für das Thema Neuomythen in Ausbildungseinrichtungen könnte einen möglichen Weg darstellen. Eine skeptischere Grundhaltung von Lehrenden gegenüber pseudowissenschaftlichen Methoden wäre wünschenswert. Ebenso sollten Sätze wie „die Hirnforschung sagt...“ oder „Studien aus der Hirnforschung belegen, dass...“ mit Vorsicht interpretiert werden, denn *die* Aussage *der* Hirnforschung gibt es in den allermeisten Fällen nicht (Gruhn, 2013).

Aufgrund der gegenwärtigen Literatur zu Neuomythen wurden – mit Ausnahme der Transfereffekte durch Musik – sehr allgemein-pädagogische Themen besprochen. Diese zielen stark auf schulisches Lernen und damit stärker auf Funktionen des deklarativen Gedächtnisses („Knowing What“). Gerade in der Instrumentalpädagogik geht es jedoch zentral um die Vermittlung von prozeduralen Fähigkeiten („Knowing How“). Es wäre daher für zukünftige Forschung vermutlich gewinnbringend, Neuomythen in Bezug auf das Bewegungslernen zu erforschen. Viele Musiker\*innen üben nach veralteten Strategien, wie beispielsweise das ausschließlich langsame Üben schneller Passagen oder stundenlanges mechanisches Wiederholen einer Bewegung. Aus der Sportpsychologie und der Bewegungsforschung weiß man mittlerweile, dass solche Strategien nicht sonderlich effizient sind und es effizientere Herangehensweisen gibt, um eine Bewegungsabfolge zu lernen (Mazur, 2004).

Des Weiteren wäre es sinnvoll, wenn die Begriffe „Neurowissenschaften“, „Neuroforschung“ und „Hirnforschung“ in der Literatur klarer definiert und voneinander abgegrenzt werden. Mein Eindruck ist, dass Hirnforscher\*innen die Begriffe gerne weiter fassen und beispielsweise lernpsychologische Befunde miteinschließen, während Kritiker\*innen die Begriffe enger fassen und die psychologische Forschung als eigenen Bereich ansehen (siehe zum Beispiel Zitat auf S. 9). Die Bewertung des Nutzens der Neurowissenschaften bzw. der Hirnforschung hängt maßgeblich von der Definition dieser Begriffe ab. Insgesamt scheint der praktische Nutzen neurobiologischer Hirnforschung für Pädagog\*innen eher begrenzt zu sein. Dies heißt allerdings nicht, dass die Grundlagenforschung des Gehirns deshalb sinnlos wäre, ganz im Gegenteil. Sie ist sogar notwendig, um Störungen des Gehirns besser zu verstehen und dadurch auch behandeln zu können und um dem Geheimnis „Mensch“ ein Stück näher zu kommen. Problematisch wird es immer nur dann, wenn Hirnforscher\*innen sich mit Interpretationen ihrer Befunde ‚zu weit aus dem Fenster lehnen‘. Hasler schlägt vor, dass Hirnforscher\*innen in Zukunft etwas bescheidener auftreten sollten, um die „Neuro-Euphorie“ nicht zusätzlich zu befeuern (Bareither et al., 2016; Hasler, 2012). Andernfalls ist mit Enttäuschungen und Kritik zu rechnen. Immerhin scheinen sich die Neurowissenschaften allmählich von innen heraus zu reformieren. Davon zeugen immer höhere Qualitätsstandards wissenschaftlicher Zeitschriften und selbstkritische Beiträge aus den Reihen der Neuroforscher\*innen. Hasler vergleicht die Lage der Neurowissenschaften mit dem „Gartner-Hype-Zyklus“<sup>43</sup>, der besagt, dass jede neue Technologie zunächst zu einer übertriebenen Euphorie führt, die in einer bitteren Enttäuschung mündet und sich schließlich auf ein realistisches produktives Niveau einpendelt. Nach Hasler (2012, S. 233) hätten die Neurowissenschaft in den 20en00ern den „*Gipfel der überzogenen Erwartungen*“ erreicht und sich anschließend im Jahr 2013 im „*Tal der Enttäuschungen*“ befunden. Nun bewegten sie sich hoffentlich auf dem „*Pfad der Erkenntnis*“.

In Bezug auf die Frage, was die Neurowissenschaften der (Musik-)Pädagogik bereitstellen können, beschränkt sich die Antwort wohl auf: ein grundlegendes Verständnis über die Funktionsweise des Gehirns, wodurch das Expertenwissen von Lehrer\*innen erweitert und vertieft wird. Das bedeutet aber, dass Erkenntnisse aus der Hirnforschung für Musikpädagog\*innen nicht zentral, sondern vielmehr optional sind. Darüber hinaus scheint die Hirnforschung einen wichtigen Beitrag zur Erklärung, Diagnose und Behandlung von Lernstörungen und Entwicklungsstörungen zu leisten. Spitzer (2003) plädiert für eine „evidenzbasierte“ Pädagogik, die auf der Grundlagenforschung der Hirnforschung aufbaut und Lehrkonzepte quantitativ überprüft. Letzteres müsste mithilfe einer anwendungsorientierten Forschung geschehen, die sich an medizinisch-klinischen Standards orientiert und eng mit der Grundlagenwissenschaft (der Hirnforschung) zusammenarbeitet. Zu diesem Zweck gründete

---

<sup>43</sup> Siehe dazu <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle> [01.09.23]

Spitzer ein Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen (ZNL), das unter anderem aus öffentlichen Geldern der Baden-Württembergische Landesregierung finanziert wird.<sup>44</sup> Becker sieht darin allerdings den Versuch, „*die existierende Unterrichts- und Lehr-Lern-Forschung abzulösen*“ und betont, dass Spitzer mit diesem Vorhaben weltweit alleine dastehe (Becker, 2006, S. 185). Ungeachtet der Frage, ob eine „evidenz-basierte“ Pädagogik, wie sie Spitzer vorschwebt, sinnvoll und realistisch ist, wäre es in Zukunft wünschenswert, wenn Neurowissenschaftler\*innen und Pädagog\*innen sich auf Augenhöhe begegnen. Dies setzt jedoch voraus, dass Hirnforscher\*innen endlich damit anfangen, die Pädagogik als eine seriöse Wissenschaft zu betrachten. Gleichzeitig sollten sich Pädagog\*innen nicht von den bildgebenden Verfahren der Neurowissenschaften oder den selbstsicheren Auftritten von Hirnforscher-Persönlichkeiten „blenden“ lassen, sondern die Chancen und Grenzen der neurowissenschaftlichen Forschung kennen und realistisch einschätzen können. Auf diese Weise werden überzogene Erwartungen an die Hirnforschung reduziert. Durch die Begegnung auf Augenhöhe könnte ein interdisziplinärer Austausch entstehen, von dem beide Seiten profitieren könnten.

---

<sup>44</sup> [https://wp.znl-ulm.de/unsere-partner/\[03.10.23\]](https://wp.znl-ulm.de/unsere-partner/[03.10.23])

## 5 Literaturverzeichnis

- Alais, D., Newell, F. N. & Mamassian, P. (2010). Multisensory processing in review: from physiology to behaviour. *Seeing Perceiving*, 23(1), 3–38. <https://doi.org/10.1163/187847510x488603>
- Aleksic, D., Poleksic, J., Agatonovic, G., Djulejic, V., Vulovic, M., Aksic, M., Reiss, G., Hamad, M. I. K., Jakovcevski, I. & Aksic, M. (2023). The long-term effects of maternal deprivation on the number and size of inhibitory interneurons in the rat amygdala and nucleus accumbens. *Frontiers in Neuroscience*, 17, Artikel 1187758. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1187758>
- Altenmüller, E. (2016). Musik. Musik ist das Brot unseres Geistes - nicht nur die schönste Nebensache der Welt. In M. Madeja & J. Müller-Jung (Hrsg.), *Hirnforschung - was kann sie wirklich? Erfolge, Möglichkeiten und Grenzen* (S. 161–168). München: Beck.
- Altenmüller, E. (2018). *Vom Neandertal in Die Philharmonie: Warum der Mensch Ohne Musik Nicht Leben Kann*. Berlin / Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2186-9>
- Altenmüller, E. & Jabusch, H.-C. (2017). Richtig üben – aber wie? Ziele setzen und die Entdeckerlaune erhalten: Zur Hirnphysiologie des Übens. *Das Orchester: Magazin für Musiker und Management*, 65(4), 18–21.
- Arnold, M. (2009). Brain-based Learning and Teaching: Prinzipien und Elemente. In U. Hermann (Hrsg.), *Neurodidaktik: Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen* (S. 182–197). Weinheim / Basel: Beltz.
- Azeka, S., Carter, S. & Davidesco, I. (2020). Neuroscientists in Training. *Educational Leadership*, 77(8). <https://www.ascd.org/el/articles/neuroscientists-in-training>
- Ball, T., Derix, J., Wentlandt, J., Wieckhorst, B., Speck, O., Schulze-Bonhage, A. & Mutschler, I. (2009). Anatomical specificity of functional amygdala imaging of responses to stimuli with positive and negative emotional valence. *Journal of Neuroscience Methods*, 180(1), 57–70. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2009.02.022>
- Bangert, M. & Altenmüller, E. O. (2003). Mapping perception to action in piano practice: a longitudinal DC-EEG study. *BMC neuroscience*, 4, Artikel 26. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-4-26>
- Bangerter, A. & Heath, C. (2004). The Mozart effect: Tracking the evolution of a scientific legend. *The British Journal of Social Psychology*, 43, 605–623. <https://doi.org/10.1348/0144666042565353>
- Bareither, I., Hasler, F. & Strasser, A. (2016). Ideen für eine bessere Neurowissenschaft. In S. Ayan (Hrsg.), *Rätsel Mensch - Expeditionen im Grenzbereich von Philosophie und Hirnforschung* (S. 198). Berlin Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-4-26> [10.1007/978-3-662-50327-0\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-662-50327-0_26)
- Bastian, H. G. (1989). *Leben für Musik: Eine Biographie-Studie über musikalische (Hoch)Begabungen*. Mainz: Schott.
- Bear, M. F., Connors, B. W. & Paradiso, M. A. (2018). *Neurowissenschaften: Ein grundlegendes Lehrbuch für Biologie, Medizin und Psychologie*. Berlin: Springer Spektrum. <https://permalink.obvsg.at/AC15210526>
- Becker, N. (2006). Von der Hirnforschung lernen? Ansichten über die pädagogische Relevanz neurowissenschaftlicher Erkenntnisse. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft: Biowissenschaft und Erziehungswissenschaft*, 177–200. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-90607-2\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-531-90607-2_13)
- Becker, N. (2014). Mehr verstehen, besser handeln? Zum Verhältnis von Pädagogik und Neurowissenschaften. In R. Fatke & J. Oelkers (Hrsg.), *Das Selbstverständnis der Erziehungswissenschaft: Geschichte und Gegenwart* (S. 208–225). Weinheim: Beltz Juventa. <https://doi.org/10.25656/01:9095>
- Beyerstein, B. L. (2004). Ask the Experts: Do we really use only 10 percent of our brains? *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/do-we-really-use-only-10/>

- Bezzola, L., Mérillat, S. & Jäncke, L. (2012). The effect of leisure activity golf practice on motor imagery: an fMRI study in middle adulthood. *Frontiers in human neuroscience*, 6(67), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00067>
- Brandler, S. & Rammsayer, T. H. (2003). Differences in mental abilities between musicians and non-musicians. *Psychology of music*, 31(2), 123–138. <https://doi.org/10.1177/0305735603031002290>
- Cancela, J. M., Vila Suárez, M. H., Vasconcelos, J., Lima, A. & Ayán, C. (2015). Efficacy of Brain Gym Training on the Cognitive Performance and Fitness Level of Active Older Adults: A Preliminary Study. *Journal of Aging and Physical Activity*, 23(4), 653–658. <https://doi.org/10.1123/japa.2014-0044>
- Chabris, C. F., Steele, K. M., Dalla Bella, S., Peretz, I., Dunlop, T., Dawe, L. A., Humphrey, G. K., Shannon, R. A., Kirby, J. L. & Olmstead, C. G. (1999). Prelude or requiem for the 'Mozart effect'? *Nature*, 400(6747), 826–827. <https://doi.org/10.1038/23608>
- Chalmers, D. J. (1995). Facing up to the problem of consciousness. *Journal of consciousness studies*, 2(3), 200–219. <https://consc.net/papers/facing.pdf>
- Cho, E. (2019). Sensitive periods for music training from a cognitive neuroscience perspective: A review of the literature with implications for teaching practice. *International journal of music in early childhood*, 14(1), 17–31. [https://doi.org/10.1386/ijmec.14.1.17\\_1](https://doi.org/10.1386/ijmec.14.1.17_1)
- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E. & Ecclestone, K. (2004). *Learning styles and pedagogy in post-16 learning: A systematic and critical review*. The Learning and Skill Research Center. [https://www.researchgate.net/publication/232929341\\_Learning\\_styles\\_and\\_pedagogy\\_in\\_post\\_16\\_education\\_a\\_critical\\_and\\_systematic\\_review](https://www.researchgate.net/publication/232929341_Learning_styles_and_pedagogy_in_post_16_education_a_critical_and_systematic_review)
- Dartsch, M. (2013). Neurodidaktik und musikalische Bildung. *Diskussion Musikpädagogik*, 58, 9–20.
- Deibl, I. & Zumbach, J. (2020). "Ich bin eher der auditive Lerntyp" – der Glaube an Neuromythen bei Lehramtsstudierenden und Implikationen für die Lehrer\*innenbildung. In M. Krämer, J. Zumbach, & I. Deibl (Hrsg.), *Psychologiedidaktik und Evaluation XIII* (S. 111–120). Aachen: Shaker. <https://doi.org/10.23668/psycharchives.4247>
- Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P. & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in psychology*, 3(429). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429>
- Devor, A., Hillman, E. M., Tian, P., Waeber, C., Teng, I. C., Ruvinskaya, L., Shalinsky, M. H., Zhu, H., Haslinger, R. H., Narayanan, S. N., Ulbert, I., Dunn, A. K., Lo, E. H., Rosen, B. R., Dale, A. M., Kleinfeld, D. & Boas, D. A. (2008). Stimulus-induced changes in blood flow and 2-deoxyglucose uptake dissociate in ipsilateral somatosensory cortex. *J Neurosci*, 28(53), 14347–14357. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.4307-08.2008>
- Ding, R., Tang, H., Liu, Y., Yin, Y., Yan, B., Jiang, Y., Toussaint, P.-J., Xia, Y., Evans, A. C., Zhou, D., Hao, X., Lu, J. & Yao, D. (2023). Therapeutic effect of tempo in Mozart's „Sonata for Two Pianos“ (K. 448) in patients with epilepsy: An electroencephalographic study. *Epilepsy & Behavior*, 145, Artikel 109323. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2023.109323>
- Dündar, S. & Gündüz, N. (2016). Misconceptions Regarding the Brain: The Neuromyths of Preservice Teachers. *Mind, Brain, and Education*, 10(4), 212–232. <https://doi.org/10.1111/mbe.12119>
- Düvel, N., Anna, W. & Reinhard, K. (2017). Neuromyths in Music Education: Prevalence and Predictors of Misconceptions among Teachers and Students. *Frontiers in psychology*, 8, Artikel 629. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00629>
- Edelmann, W. & Wittmann, S. (2019). *Lernpsychologie* (Bd.). Weinheim / Basel: Beltz. <https://permalink.obvsg.at/AC15661981>
- Elbert, T., Pantev, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B. & Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270(5234), 305–307. <https://doi.org/10.1126/science.270.5234.305>

- Erissmann, T. (2019). Gestaltpsychologie. In *Teil 2 Grundarten des psychischen Geschehens* (Originally published 1959 ed.). Berlin / Boston: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783111369013-003>
- Eysenck, M. W. & Keane, M. T. (2015). *Cognitive Psychology: A Student' Handbook* (7 Bd.). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781315778006>
- Ferrari, M. & McBride, H. (2011). Mind, Brain, and Education: The Birth of a New Science. *LEARNing Landscapes*, 5(1). <https://doi.org/10.36510/learnland.v5i1.533>
- Ferrero, M., Hardwicke, T. E., Konstantinidis, E. & Vadillo, M. A. (2020). The Effectiveness of Refutation Texts to Correct Misconceptions Among Educators. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 26(3), 411–421. <https://doi.org/10.1037/xap0000258>
- Fudin, R. & Lembessis, E. (2004). The Mozart Effect: Questions about the Seminal Findings of Rauscher, Shaw, and Colleagues. *Perceptual and Motor Skills*, 98(2), 389–405. <https://doi.org/10.2466/pms.98.2.389-405>
- Gardner, H. (2020). “Neuromyths”: A Critical Consideration. *Mind, brain and education*, 14(1), 1–4. <https://doi.org/10.1111/mbe.12229>
- Gaser, C. & Schlaug, G. (2003). Brain structures differ between musicians and non-musicians. *Journal of Neuroscience*, 23(27), 9240–9245. <https://doi.org/10.1111/mbe.12229>  
10.1523/jneurosci.23-27-09240.2003
- Gavin, C. J. (2000). Mozart went down to Georgia. *Southern Cultures*, 6(1), 94–101. <https://doi.org/10.1353/scu.2000.0041>
- Geake, J. (2004). How children's brains think: Not left or right but both together. *Education*, 32(3), 65–72. <https://doi.org/10.1080/03004270485200351>
- Geake, J. (2008). Neuromythologies in education. *Educational Research*, 50(2), 123–133. <https://doi.org/10.1080/00131880802082518>
- Genç, E., Fraenz, C., Schlüter, C., Friedrich, P., Hossiep, R., Voelke, M. C., Ling, J. M., Güntürkün, O. & Jung, R. E. (2018). Diffusion markers of dendritic density and arborization in gray matter predict differences in intelligence. *Nature Communications*, 9(1), Artikel 1905. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04268-8>
- Gernsbacher, M. A. (1985). Surface information loss in comprehension. *Cognitive Psychology*, 17(3), 324–363. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(85\)90012-X](https://doi.org/10.1016/0010-0285(85)90012-X)
- Gini, S., Knowland, V., Thomas, M. S. C. & Van Herwegen, J. (2021). Neuromyths About Neurodevelopmental Disorders: Misconceptions by Educators and the General Public. *Mind, Brain, and Education*, 15(4), 289–298. <https://doi.org/10.1111/mbe.12303>
- Glass, G. V. (1976). Primary, Secondary, and Meta-Analysis of Research. *Educational Researcher*, 5(10), 3–8. <https://doi.org/10.3102/0013189X005010003>
- Gonzalez, M., Smith, G. E., Stockwell, D. W. & Horton, R. S. (2003). The “arousal effect”: An alternative interpretation of the Mozart effect. *American Journal of Undergraduate Research*, 2(2), 23–28. <http://dx.doi.org/10.33697/ajur.2003.019>
- Göppel, R. (2014). *Gehirn, Psyche, Bildung: Chancen und Grenzen einer Neuropädagogik*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Gordon, E. E. (1985). Was ist musikalische Begabung? *Üben & Musizieren*, 3, 160–165.
- Gordon, E. E. (1986). A Factor Analysis of the Musical Aptitude Profile, the Primary Measures of Music Audiation, and the Intermediate Measures of Music Audiation. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*(87), 17–25. <http://www.jstor.org/stable/40317975>
- Goswami, U. (2005). The brain in the classroom? The state of the art. *Developmental Science*, 8(6), 467–469. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2005.00436.x>
- Grospietsch, F. & Jürgen, M. (2018). Professionalizing Pre-Service Biology Teachers' Misconceptions about Learning and the Brain through Conceptual Change. *Education Sciences*, 8(3), Artikel 120. <https://doi.org/10.3390/educsci8030120>
- Grospietsch, F. & Lins, I. (2021). Review on the Prevalence and Persistence of Neuromyths in Education - Where We Stand and What Is Still Needed. *Frontiers in Education*, 6, Artikel 665752. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.665752>
- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2019). Pre-service Science Teachers' Neuroscience Literacy: Neuromyths and a Professional Understanding of Learning and Memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, Artikel 20. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00020>

- Grospietsch, F. & Mayer, J. (2020). Misconceptions about neuroscience – prevalence and persistence of neuromyths in education. *Neuroforum*, 26(2), 63–71. <https://doi.org/10.1515/nf-2020-0006>
- Gruber, H. & Ziegler, A. (2013). *Expertiseforschung: Theoretische und methodische Grundlagen* (1996th edition Bd.). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gruhn, W. (2013). Anmerkungen zum Verhältnis von Neurowissenschaften und (Musik)Pädagogik. *Diskussion Musikpädagogik*, 58, 4–8.
- Gruhn, W. Q. W. (2005). *Der Musikverstand: neurobiologische Grundlagen des musikalischen Denkens, Hörens und Lernens*. Hildesheim: Olms. <https://permalink.obvsg.at/AC03951477>
- Güntürkün, O. (2016). Denken: Die Gedanken sind frei – aber werden sie das auch bleiben? In M. Madeja & J. Müller-Jung (Hrsg.), *Hirnforschung - Was kann sie wirklich? Erfolge, Möglichkeiten, Grenzen* (S.17–26). München: C.H.Beck.
- Hasler, F. (2012). *Neuromythologie: Eine Streitschrift gegen die Deutungsmacht der Hirnforschung*. Bielefeld: Transcript.
- Haslinger, B., Erhard, P., Altenmüller, E., Schroeder, U., Boecker, H. & Ceballos-Baumann, A. O. (2005). Transmodal sensorimotor networks during action observation in professional pianists. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(2), 282–293. <https://doi.org/10.1162/0898929053124893>
- Hasselhorn, M. (2021). Lernstörungen: Ein unvermeidbares Schicksal? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 36(1-2), 1–17. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000324>
- Heinemann, L. & Heinemann, T. (2010). 'Optimise your brain!' - Popular science and its social implications. *BioSocieties*, 5, 291–294. <https://doi.org/10.1057/biosoc.2010.9>
- Heinemann, T. (2013). Populäre Wissenschaft. Hirnforschung zwischen Labor und Talkshow. *Soziologische Revue*, 36(4), 450–453. <https://doi.org/10.1524/srsr.2013.0080>
- Helmbold, N., Rammsayer, T. & Altenmüller, E. (2005). Differences in Primary Mental Abilities Between Musicians and Nonmusicians. *Journal of Individual Differences*, 26(2), 74–85. <https://doi.org/10.1027/1614-0001.26.2.74>
- Herholz, S. C. & Zatorre, R. J. (2012). Musical training as a framework for brain plasticity: behavior, function, and structure. *Neuron*, 76(3), 486–502. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.10.011>
- Herrmann, U. (Hrsg.). (2009). *Neurodidaktik: Grundlagen für eine Neuropsychologie des Lernens* (2., erweiterte Aufl.). Weinheim / Basel: Beltz. <https://permalink.obvsg.at/AC16397579>
- Herschkowitz, N. (2007). *Was stimmt? Das Gehirn: Die wichtigsten Antworten*. Freiburg: Herder.
- Hess, E. H. (1964). Imprinting in Birds. *Science*, 146(3648), 1128–1139. <https://doi.org/10.1126/science.146.3648.1128>
- Hickok, G. Q. G. (2015). *Warum wir verstehen, was andere fühlen: der Mythos der Spiegelneuronen*. München: Hanser. <https://permalink.obvsg.at/AC12197225>
- Hood, B., Howard-Jones, P., Laurillard, D., Bishop, D., Coffield, F., Frith, D. U., Pinker, S., Blakemore, C., Pashler, H., Etchells, P., Gjersoe, N., Scerif, G., Baker, S., Wall, M., Simons, J., Ellefson, M., Jansari, A., Crocket, M., Nation, K., Thomas, M., Sharma, N., Whitebread, D., Sabbagh, M., Legare, C., Devlin, J.T., Gordon, P., Peoppel, D., Butterworth, B., Seth, A., & Foulsham, T. (2017). No evidence to back idea of learning styles. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/education/2017/mar/12/no-evidence-to-back-idea-of-learning-styles>
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817–824. <https://doi.org/10.1038/nrn3817>
- Huettel, S. A., Song, A. W., & McCarthy, G. (2009). *Functional magnetic resonance imaging* (2. Aufl.). Sunderland / Mass: Sinauer.
- Hughes, J. R., Daaboul, Y., Fino, J. J. & Shaw, G. L. (1998). The “Mozart effect” on epileptiform activity. *Clinical Electroencephalography*, 29(3), 109–119. <https://doi.org/10.1177/155005949802900301>

- Hundertpfund, J., Dejaco, T., Meyer, J. E. & Óvári, A. (2023). Round-Window Vibroplasty: Systematic Review and Meta-Analysis of Audiological Effectiveness With Different Round-Window Coupling Techniques. *Otol Neurotol*, 44(8), e549–e559. <https://doi.org/10.1097/mao.0000000000003958>
- Husain, G., Thompson, W. F. & Schellenberg, E. G. (2002). Effects of Musical Tempo and Mode on Arousal, Mood, and Spatial Abilities. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 20(2), 151–171. <https://doi.org/10.1525/mp.2002.20.2.151>
- Hüther, G. (2009). Die Bedeutung sozialer Erfahrungen für die Strukturierung des menschlichen Gehirns. In U. Hermann (Hrsg.), *Neurodidaktik: Grundlagen für eine Neuropsychologie des Lernens* (S. 41–48). Weinheim / Basel: Beltz.
- Hyatt, K. J. (2007). Brain Gym®: Building Stronger Brains or Wishful Thinking? *Remedial and Special Education*, 28(2), 117–124. <https://doi.org/10.1177/07419325070280020201>
- Iacoboni, M., Freedman, J., Kaplan, J., Hall Jsmieson, K. & Freedman, T. (2007, 11.11.07). This is your brain on politics. *New York Times*. <https://www.nytimes.com/2007/11/11/opinion/11freedman.html>
- Idrissi, A. J., Alami, M., Lamkaddem, A. & Souirti, Z. (2020). Brain knowledge and predictors of neuromyths among teachers in Morocco. *Trends in Neuroscience and Education*, 20, Artikel 100148. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2020.100135>
- Illes, J., Racine, E. & Bar-Ilan, O. (2005). fMRI in the public eye. *Nature Reviews Neuroscience*, 6 (2), 159–164. <https://doi.org/10.1038/nrn1609>
- Im, S.-H., Cho, J.-Y., Dubinsky, J. M. & Varma, S. (2018). Taking an educational psychology course improves neuroscience literacy but does not reduce belief in neuromyths. *PloS one*, 13(2), Artikel e0192163. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192163>
- Jacobs, A. M., Hutzler, F. & Engl, V. (2009). Fortschritte in der neurokognitiven Lern- und Gedächtnisforschung. In U. Hermann (Hrsg.), *Neurodidaktik: Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen* (S. 86–97). Weinheim / Basel: Beltz.
- Jäncke, L. (2007). Hirnforschung: bildgebende Verfahren. Zur Grenze zwischen Naturwissenschaft und philosophischer Spekulation In A. Holderegger, B. Sitter-Liver, C. W. Hess, & G. Rager (Hrsg.), *Hirnforschung und Menschenbild: Beiträge zur interdisziplinären Verständigung*. Basel: Academic Press Fribourg und Schwabe AG.
- Jäncke, L. & Edelmann, B. (2017). *Lehrbuch Kognitive Neurowissenschaften* (2., überarbeit. Aufl.). Bern: Hogrefe.
- Jaušovec, N. & Habe, K. (2005). The influence of Mozart's sonata K. 448 on brain activity during the performance of spatial rotation and numerical tasks. *Brain Topography*, 17, 207–218 (2005). <https://doi.org/10.1007/s10548-005-6030-4>
- Jenkins, J. S. (2001). The Mozart effect. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 94(4), 170–172. <https://doi.org/10.1177/014107680109400404>
- Johansson, B. B. & Belichenko, P. V. (2002). Neuronal Plasticity and Dendritic Spines: Effect of Environmental Enrichment on Intact and Postischemic Rat Brain. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 22(1), 89–96. <https://doi.org/10.1097/00004647-200201000-00011>
- Kjell, J., Fischer-Sternjak, J., Thompson, A. J., Friess, C., Sticco, M. J., Salinas, F., Cox, J., Martinelli, D. C., Ninkovic, J., Franze, K., Schiller, H. B. & Götz, M. (2020). Defining the Adult Neural Stem Cell Niche Proteome Identifies Key Regulators of Adult Neurogenesis. *Cell Stem Cell*, 26(2), 277–293. <https://doi.org/10.1016/j.stem.2020.01.002>
- Klinzing, J. G., Niethard, N. & Born, J. (2019). Mechanisms of systems memory consolidation during sleep. *Nature Neuroscience*, 22(10), 1598–1610. <https://doi.org/10.1038/s41593-019-0467-3>
- Klöppel, R. & Altenmüller, E. (2013). *Die Kunst des Musizierens: Von den physiologischen und psychologischen Grundlagen zur Praxis*. Mainz: Schott.
- Knecht, S., Dräger, B., Deppe, M., Bobe, L., Lohmann, H., Flöel, A., Ringelstein, E. B. & Henningsen, H. (2000). Handedness and hemispheric language dominance in healthy humans. *Brain*, 123(12), 2512–2518. <https://doi.org/10.1093/brain/123.12.2512>

- Könneker, C. & Ayan, S. (2016). Interview mit Katrin Amunts und Gerhard Roth, In I. Bareither, F. Hasler & A. Strasser (Hrsg.), *Rätsel Mensch: Expeditionen im Grenzbereich von Philosophie und Hirnforschung*, Berlin / Heidelberg: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-50327-0\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-662-50327-0_26)
- Kostka, A. (2017). *Neurodidaktik für den Musikunterricht*. Marburg: Tectum.
- Kowal-Summek, L. (2018). *Neurowissenschaften und Musikpädagogik: Klärungsversuche und Praxisbezüge* (2. Aufl.). Wiesbaden: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21004-5>
- Krämer, O. (2013). Wie viel Gehirn brauchen wir? Gedanken zum Verhältnis zwischen Neurowissenschaften und Musikpädagogik. *Diskussion Musikpädagogik*, 58, 21–28.
- Krammer, G., Vogel, S. E. & Grabner, R. H. (2021). Believing in Neuromyths Makes Neither a Bad Nor Good Student-Teacher: The Relationship between Neuromyths and Academic Achievement in Teacher Education. *Mind, brain and education*, 15(1), 54–60. <https://doi.org/10.1111/mbe.12266>
- Krammer, G., Vogel, S. E., Yardimci, T. & Grabner, R. H. (2019). Neuromythen sind zu Beginn des Lehramtsstudiums prävalent und unabhängig vom Wissen über das menschliche Gehirn. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 9, 221–246. <https://doi.org/10.1007/s35834-019-00238-2>
- Krista, L. H., Jason, L., Andrea, N., Marie, F., Ellen, W., Alan, C. E. & Gottfried, S. (2009). Musical Training Shapes Structural Brain Development. *The Journal of Neuroscience*, 29(10), 3019–3025. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5118-08.2009>
- Kummer, U. (2012). *Die Hirnforschung - ein neuer Hoffnungsträger für Lehrerinnen und Lehrer? Eine empirische Studie*. Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bvb:29-opus-40409><https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bvb:29-opus-40409>
- Legrenzi, P., Umiltà, C. & Anderson, F. (2011). *Neuromania: On the limits of brain science*. Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199591343.001.0001>
- Lewis, T. L. & Maurer, D. (2009). Effects of early pattern deprivation on visual development. *Optometry and Vision Science*, 86(6), 640–646. <https://doi.org/10.1097/OPX.0b013e3181a7296b>
- Liston, C., Cohen, M. M., Teslovich, T., Levenson, D. & Casey, B. J. (2011). Atypical Prefrontal Connectivity in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder: Pathway to Disease or Pathological End Point? *Biological Psychiatry*, 69(12), 1168–1177. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2011.03.022>
- Lithander, M. P. G., Geraci, L., Karaca, M. & Rydberg, J. (2021). Correcting Neuromyths: A Comparison of Different Types of Refutations. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 10(4), 577–588. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2021.03.006>
- Logothetis, N. K. (2008). What we can do and what we cannot do with fMRI. *Nature*, 453, 869–878. <https://doi.org/10.1038/nature06976>
- Looß, M. (2001). Lerntypen. *Die Deutsche Schule*, 93(2), 186–198. [https://www.lernumgebungen.ch/files/artikel\\_buecher/maike\\_loos\\_lerntypen\\_2001.pdf](https://www.lernumgebungen.ch/files/artikel_buecher/maike_loos_lerntypen_2001.pdf)
- Macdonald, K., Germine, L., Anderson, A., Christodoulou, J. & McGrath, L. M. (2017). Dispelling the Myth: Training in Education or Neuroscience Decreases but Does Not Eliminate Beliefs in Neuromyths. *Frontiers in Psychology*, 8, Artikel 1314. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01314>
- Madeja, M. (2016). Die Schule erzieht junge Menschen, keine Gehirne. In J. Müller-Jung & M. Madeja (Hrsg.), *Hirnforschung – was kann sie wirklich? Erfolge, Möglichkeiten und Grenzen*. München: Beck.
- Madeja, M. & Müller-Jung, J. (2016). Vorwort In M. Madeja & J. Müller-Jung (Hrsg.), *Hirnforschung - was kann sie wirklich? Erfolge, Möglichkeiten und Grenzen*. München: Beck.
- Manifest, D. (2004). Elf führende Neurowissenschaftler über Gegenwart und Zukunft der Hirnforschung. *Gehirn & Geist*, 6, 30–37.

- Matta, C. (2021). Neuroscience and educational practice – A critical assessment from the perspective of philosophy of science. *Educational Philosophy and Theory*, 53(2), 197–211. <https://doi.org/10.1080/00131857.2020.1773801>
- Mausfeld, R. (2007). Über Ziele und Grenzen einer naturwissenschaftlichen Zugangsweise zur Erforschung des Geistes. In A. Holderegger, B. Sitter-Liver, C. W. Hess, & G. Rager (Hrsg.), *Hirnforschung und Menschenbild: Beiträge zur interdisziplinären Verständigung*. Basel: Academic Press Fribourg und Schwabe AG.
- Mazur, J. E. (Hrsg.) (2004). Erlernen motorischer Fähigkeiten. In *Lernen und Gedächtnis* (S. 463–466). München: Pearson.
- McCabe, D. P. & Castel, A. D. (2008). Seeing is believing: The effect of brain images on judgments of scientific reasoning. *Cognition*, 107(1), 343–352. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.07.017>
- Meinhardt, J. (2019). Gehirn und Lernen. In D. Urhahne, M. Dresel, & F. Fischer (Hrsg.), *Psychologie für den Lehrberuf* (S. 85–106). Berlin /Heidelberg: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-55754-9\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-662-55754-9_5)
- Morris, J. S., Ohman, A. & Dolan, R. J. (1998). Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. *Nature*, 393(6684), 467–470. 10.1038/30976
- Müller-Lissner, A. (2011, 15.04.11). Linksliberale haben mehr Gefühl. *Tagesspiegel*, 32.
- Nantais, K. M. & Schellenberg, E. G. (1999). The Mozart effect: An artifact of preference. *Psychological Science*, 10(4), 370–373.
- Newman, J., Rosenbach, J. H., Burns, K. L., Latimer, B. C., Matocha, H. R. & Vogt, E. R. (1995). An experimental test of “the Mozart effect”: does listening to his music improve spatial ability? *Perceptual and motor skills*, 81(3\_suppl), 1379–1387.
- Newton, P. M. & Miah, M. (2017). Evidence-based higher education—is the learning styles ‘myth’ important? *Frontiers in psychology*, 8, 444.
- Nojima, I., Sugata, H., Takeuchi, H. & Mima, T. (2022). Brain-Computer Interface Training Based on Brain Activity Can Induce Motor Recovery in Patients With Stroke: A Meta-Analysis. *Neurorehabil Neural Repair*, 36(2), 83–96. <https://doi.org/10.1177/15459683211062895>
- Norton, L., Graham, M., Kazazian, K., Gofton, T., Weijer, C., Debicki, D., Fernandez-Espejo, D., Thenayan, E. A. & Owen, A. M. (2023). Use of functional magnetic resonance imaging to assess cognition and consciousness in severe Guillain-Barré syndrome. *Int J Clin Health Psychol*, 23(2), 100347. <https://doi.org/10.1016/j.ijchp.2022.100347>
- Nunn, J. F. Q. J. F. (1997). *Ancient Egyptian medicine* (1. publ. in paperback Bd.). London : British Museum Publ. <https://permalink.obvsg.at/AC02379581>
- O'Connor, T. G., Rutter, M., O'Connor, T. G., Rutter, M., Beckett, C., Keaveney, L. & Kreppner, J. M. (2000). The effects of global severe privation on cognitive competence: extension and longitudinal follow-up. English and Romanian Adoptees Study Team. *Child Development* (ISSN: 00093920). <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00151>
- OECD. (2002). *Understanding the Brain: Towards a new Learning Science*. doi:<https://doi.org/10.1787/9789264174986-en>
- OECD. (2007). *Understanding the Brain: The Birth of a Learning Science*. <https://doi.org/10.1787/9789264029132-en>
- Papadatou-Pastou, M., Touloumakos, A. K., Koutouveli, C. & Barrable, A. (2021). The learning styles neuromyth: when the same term means different things to different teachers. *European Journal of Psychology of Education - EJPE (Springer Science & Business Media B.V.)*, 36(ISSN: 02562928 DOI: 10.1007/s10212-020-00485-2), 532. <https://doi.org/10.1007/s10212-020-00485-2>
- Pascual-Leone, A., Nguyet, D., Cohen, L. G., Brasil-Neto, J. P., Cammarota, A. & Hallett, M. (1995). Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *J Neurophysiol*, 74(3), 1037–1045. <https://doi.org/10.1152/jn.1995.74.3.1037>
- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D. & Bjork, R. (2008). Learning styles: Concepts and evidence. *Psychological science in the public interest*, 9(3), 105–119.
- Pasquinelli, E. (2012). Neuromyths: Why Do They Exist and Persist? *Mind, Brain, and Education*, 6(2), 89–96. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2012.01141.x>

- Paulus, J. (2003). Lernrezepte aus dem Hirnlabor. *DIE ZEIT*.
- Pietschnig, J., Voracek, M. & Formann, A. K. (2010). Mozart effect–Shmozart effect: A meta-analysis. *Intelligence*, 38(3), 314-323. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2010.03.001>
- Raichle, M. E. (2015). The Brain's Default Mode Network. *Annual Review of Neuroscience*, 38(1), 433-447. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-071013-014030>
- Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W. & Naumann, E. (2014). *Quantitative Methoden 1: Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler* (4., überarbeitete Auflage Bd.). Berlin, Heidelberg: Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-43524-3>
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L. & Ky, K. N. (1993). Music and spatial task performance. *Nature*, 365(6447), 611. <https://doi.org/10.1038/365611a0>
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L. & Ky, K. N. (1995). Listening to Mozart enhances spatial-temporal reasoning: towards a neurophysiological basis. *Neuroscience Letters*, 185(1), 44-47. [https://doi.org/10.1016/0304-3940\(94\)11221-4](https://doi.org/10.1016/0304-3940(94)11221-4)
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., Levine, L. J., Wright, E. L., Dennis, W. R. & Newcomb, R. L. (1997). Music training causes long-term enhancement of preschool children's spatial-temporal reasoning. *Neurol Res*, 19(1), 2-8. <https://doi.org/10.1080/01616412.1997.11740765>
- Rich, P. R., Van Loon, M. H., Dunlosky, J. & Zaragoza, M. S. (2017). Belief in corrective feedback for common misconceptions: Implications for knowledge revision. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory & Cognition*, 43(2), 278-293. <https://doi.org/10.1037/xlm0000322>
- Richard, P. B., Daniel, J. M., Ed, C. & Adam, R. N. (2018). The Prevalence of Pseudoscientific Ideas and Neuromyths Among Sports Coaches. *Frontiers in psychology*, 9(1664-1078). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00641>
- Rideout, B. E., Dougherty, S. & Wernert, L. (1998). Effect of Music on Spatial Performance: A Test of Generality. *Perceptual and motor skills*, 86(2), 512-514. <https://doi.org/10.2466/pms.1998.86.2.512>
- Rideout, B. E. & Laubach, C. M. (1996). EEG correlates of enhanced spatial performance following exposure to music. *Perceptual and motor skills*, 82(2), 427-432.
- Ritchie, S. (2020). *Science fictions : how fraud, bias, negligence, and hype undermine the search for truth* (First edition. Bd.). New York : Metropolitan Books, Henry Holt and Company. <https://permalink.obvsg.at/AC15696987>
- Roehm, D. (2016). Psycho-/Neurolinguistik: Neuronale Korrelate der Verarbeitung grammatischer Variation. *Jahrbuch des Instituts für Deutsche Sprache*(156-179). <https://doi.org/10.1515/9783110518214-011>
- Rogers, J. & Cheung, A. (2020). Pre-service teacher education may perpetuate myths about teaching and learning. *Journal of Education for Teaching*, 46(3), 417-420.
- Rohrer, D. & Pashler, H. (2012). Learning Styles: Where's the Evidence? *Online Submission*, 46(7), 634-635.
- Román-Caballero, R., Vadillo, M. A., Trainor, L. J. & Lupiáñez, J. (2022). Please don't stop the music: A meta-analysis of the cognitive and academic benefits of instrumental musical training in childhood and adolescence. *Educational research review*, 35, 100436. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100436>
- Roth, G. (2009). Warum sind Lehren und Lernen so schwierig? In U. Hermann (Hrsg.), *Neurodidaktik: Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen* (S. 58–68). Weinheim / Basel: Beltz.
- Ruenzel, D. (2000). THE MYTH OF THE FIRST THREE YEARS (Book Review). In (Vol. 11, pp. 65): Editorial Projects in Education Inc.
- Rutter, M. (1998). Developmental catch-up, and deficit, following adoption after severe global early privation. English and Romanian Adoptees (ERA) Study Team. *J Child Psychol Psychiatry*, 39(4), 465-476.
- Rutter, M., Beckett, C., Castle, J., Colvert, E., Kreppner, J., Mehta, M., Stevens, S. & Sonuga-Barke, E. (2007). Effects of profound early institutional deprivation: An overview of findings from a UK longitudinal study of Romanian adoptees. *European Journal of*

- Developmental Psychology*, 4(ISSN: 17405629 DOI: 10.1080/17405620701401846), 351. <https://doi.org/10.1080/17405620701401846>
- Saffran, J. R. & Griepentrog, G. J. (2001). Absolute pitch in infant auditory learning: evidence for developmental reorganization. *Dev Psychol*, 37(1), 74-85.
- Sala, G. & Gobet, F. (2017). When the music's over. Does music skill transfer to children's and young adolescents' cognitive and academic skills? A meta-analysis. *Educational research review*, 20(ISSN: 1747-938X), 67. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.005>
- Sale, A., Berardi, N. & Maffei, L. (2009). Enrich the environment to empower the brain. *Trends Neurosci*, 32(4), 233-239. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2008.12.004>
- Scheich, H. (2003). Lernen unter der Dopamindusche. *DIE ZEIT Online* 39.
- Schlaug, G., Jäncke, L., Huang, Y., Staiger, J. F. & Steinmetz, H. (1995). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia*, 33(8), 1047-1055. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(95\)00045-5](https://doi.org/10.1016/0028-3932(95)00045-5)
- Schumacher, R. (2009). Hirnforschung und schulisches Lernen. In U. Hermann (Hrsg.), *Neurodidaktik: Grundlagen für eine Neuropsychologie des Lernens* (S. 124–133). Weinheim / Basel: Beltz.
- Shapleske, J., Rossell, S. L., Woodruff, P. W. R. & David, A. S. (1999). The planum temporale: a systematic, quantitative review of its structural, functional and clinical significance. *Brain Research Reviews*, 29(1), 26-49. [https://doi.org/10.1016/S0165-0173\(98\)00047-2](https://doi.org/10.1016/S0165-0173(98)00047-2)
- Siegler, R., Eisenberg, N., DeLoache, J. & Saffran, J. (2016). *Entwicklungspsychologie im Kindes- und Jugendalter* (4. Aufl. 2016 Bd.). Berlin, Heidelberg: Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-47028-2>
- Slaby, J. (2011). Perspektiven einer kritischen Philosophie der Neurowissenschaften. *Deutsche Zeitschrift für Philosophie*, 59(ISSN: 0012-1045), 390. <https://doi.org/10.1524/dzph.2011.0031>
- Song, C. & Tagliazucchi, E. (2020). Linking the nature and functions of sleep: insights from multimodal imaging of the sleeping brain. *Current Opinion in Physiology*, 15, 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2019.11.012>
- Spaulding, L. S., Mostert, M. P. & Beam, A. P. (2010). Is Brain Gym® an Effective Educational Intervention? *Exceptionality*, 18(1), 18-30. <https://doi.org/10.1080/09362830903462508>
- Spitzer, M. (2003). Medizin für die Pädagogik. *DIE ZEIT Online*, 39.
- Spitzer, M. Q. M. (2006). *Lernen : Gehirnforschung und die Schule des Lebens* (1. Aufl. Bd.). Heidelberg : Spektrum Akad. Verl. <https://permalink.obvsg.at/AC05661560>
- Stangl, W. (2023). Exekutive Funktionen. In *Online Lexikon für Psychologie & Pädagogik*.
- Steele, K. M., Bass, K. E. & Crook, M. D. (1999). The mystery of the Mozart effect: Failure to replicate. *Psychological Science*, 10(4), 366-369.
- Steele, K. M., Bella, S. D., Peretz, I., Dunlop, T., Dawe, L. A., Humphrey, G. K., Shannon, R. A., Kirby, J. L. & Olmstead, C. G. (1999). Prelude or requiem for the 'Mozart effect'? *Nature*, 400(6747), 827–827. <https://doi.org/10.1038/23611>
- Steele, K. M., Brown, J. D. & Stoecker, J. A. (1999). Failure to confirm the Rauscher and Shaw description of recovery of the Mozart effect. *Perceptual and motor skills*, 88(3), 843-848.
- Stern, E. (2004). Wie viel Hirn braucht die Schule? Chancen und Grenzen einer neuropsychologischen Lehr-Lern-Forschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 50(4), 531-538.
- Strack, F. (2009). Bildgebung in der Krise. *Gehirn & Geist*, 4(9), 69.
- Sullivan, K. A., Hughes, B. & Gilmore, L. (2021). Measuring Educational Neuromyths: Lessons for Future Research. *Mind, brain and education*, 15(ISSN: 1751-2271), 238. <https://doi.org/10.1111/mbe.12294>
- Sutton, M. (2016). How the spinach, Popeye and iron decimal point error myth was finally bust.
- Torrijos-Muelas, M., González-Villora, S. & Bodoque-Osma, A. R. (2020). The Persistence of Neuromyths in the Educational Settings: A Systematic Review. *Front Psychol*, 11, 591923. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.591923>

- Tretter, F., Kotchoubey, B., Braun, H. A., Buchheim, T., Draguhn, A., Fuchs, T., Hasler, F., Hastedt, H., Hemmen, L.v., Northoff, G., Rentschler, I., Schleim, S., Sellmaier, S., Stompe, T. & Tschacher, W. (2014). Memorandum »Reflexive Neurowissenschaft«. <https://www.psychologie-heute.de/gesundheit/artikel-detailansicht/42273-memorandum-reflexive-neurowissenschaft.html>  
[10.10.2023]
- Unkelbach, C. & Greifeneder, R. (2018). Experiential fluency and declarative advice jointly inform judgments of truth. *Journal of Experimental Social Psychology*, 79, 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2018.06.010>
- Unkelbach, C., Koch, A., Silva, R. R. & Garcia-Marques, T. (2019). Truth by Repetition: Explanations and Implications. *Current Directions in Psychological Science*, 28(3), 247–253. <https://doi.org/10.1177/0963721419827854>
- Van Vugt, F. T., Hartmann, K., Altenmüller, E., Mohammadi, B. & Margulies, D. S. (2021). The impact of early musical training on striatal functional connectivity. *NeuroImage*, 238, Artikel 118251. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118251>
- Vester, F. (1998). Denken, Lernen, Vergessen (25. Aufl.). München: Deutscher Taschenbuchverlag.
- Vidal, F. (2020). Phenomenology of the Locked-In Syndrome: an Overview and Some Suggestions. *Neuroethics*, 13(2), 119–143. <https://doi.org/10.1007/s12152-018-9388-1>
- Watanabe, D., Savion-Lemieux, T. & Penhune, V. B. (2007). The effect of early musical training on adult motor performance: evidence for a sensitive period in motor learning. *Experimental Brain Research*, 176(2), 332–340. <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0619-z>
- Waterhouse, L. (2006). Multiple Intelligences, the Mozart Effect, and Emotional Intelligence: A Critical Review. *Educational Psychologist*, 41(4), 207–225. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep4104\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4104_1)
- Weisberg, D. S., Keil, F. C., Goodstein, J., Rawson, E. & Gray, J. R. (2008). The Seductive Allure of Neuroscience Explanations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(3), 470–477. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20040>
- Westby, C. (2019). The Myth of Learning Styles. *Word of Mouth*, 31(2), 4–7. <https://doi.org/10.1177/1048395019879966a>
- Westerhoff, N. (2011). Neurodidaktik auf dem Prüfstand. *Gehirn & Geist. Serie Kindesentwicklung* 6, 32–39.
- Wiestler, T. & Diedrichsen, J. (2013). Skill learning strengthens cortical representations of motor sequences. *eLife*, 2, Artikel e00801. <https://doi.org/10.7554/eLife.00801>
- Willingham, D. T., Hughes, E. M. & Dobolyi, D. G. (2015). The Scientific Status of Learning Styles Theories. *Teaching of Psychology*, 42(3), 266–271. <https://doi.org/10.1177/0098628315589505>
- Wilson, T. L. & Brown, T. L. (1997). Reexamination of the Effect of Mozart's Music on Spatial-Task Performance. *The Journal of Psychology*, 131(4), 365–370. <https://doi.org/10.1080/00223989709603522>
- Woollett, K. & Maguire, E. A. (2011). Acquiring "the Knowledge" of London's layout drives structural brain changes. *Current Biology*, 21(24), 2109–2114. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.11.018>
- Woollett, K., Spiers, H. J. & Maguire, E. A. (2009). Talent in the taxi: a model system for exploring expertise. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*, 364(1522), 1407–1416. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0288>
- Yeung, A. W. K. (2018). An Updated Survey on Statistical Thresholding and Sample Size of fMRI Studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12, Artikel 16. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2018.00016>

- Zatorre, R. J. (2003). Absolute pitch: A model for understanding the influence of genes and development on neural and cognitive function. *Nature Neuroscience*, 6, 692–695. <https://doi.org/10.1038/nn1085>
- Zjadic, N. (2023). How much of our brain do we really use? Scientific Publication in Electronic Form. *Zurich Open Repository and Archive. University of Zurich*. <https://www.factsandreasons.com/en/how-much-of-our-brain-do-we-really-use%ef%bf%bc/>

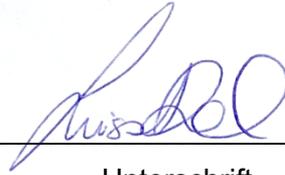
## Eidesstattliche Erklärung

*Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe. Alle Stellen oder Passagen der vorliegenden Arbeit, die anderen Quellen im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen wurden, sind durch Angaben der Herkunft kenntlich gemacht. Dies gilt auch für die Reproduktion von Noten, grafische Darstellungen und andere analoge oder digitale Materialien. Ich räume der Anton Bruckner Privatuniversität das Recht ein, ein von mir verfasstes Abstract meiner Arbeit auf der Homepage der ABPU zur Einsichtnahme zur Verfügung zu stellen.*

Salzburg, 10.10.23

---

Ort, Datum



---

Unterschrift