

**Aus:**

ULRICH SALASCHEK

## **Der Mensch als neuronale Maschine?**

**Zum Einfluss bildgebender Verfahren der Hirnforschung  
auf erziehungswissenschaftliche Diskurse**

Februar 2012, 226 Seiten, kart., zahlr. Abb., 26,80 €, ISBN 978-3-8376-2033-7

Das Gehirn beim Denken zu beobachten – dieser jahrhundertealte Traum scheint mithilfe der modernen bildgebenden Verfahren der Neurowissenschaften in Erfüllung zu gehen. Doch welche Konsequenzen sind damit verbunden? Diese Frage hat erziehungswissenschaftliche Forschung und pädagogische Praxis in den letzten Jahren stark beeinflusst.

Ulrich Salaschek analysiert, inwiefern Hirnbilder als Metaphern eines neuronal geprägten Menschenbildes fungieren und dabei einen unkritischen Umgang mit Psychopharmaka begünstigen. Am Beispiel von Mikroskopie und funktioneller Magnetresonanztomographie wird dargestellt, wie Wissen durch Bilder – insbesondere in interdisziplinären und populärwissenschaftlichen Kontexten – verändert und gefestigt wird.

**Ulrich Salaschek** (Dr. phil.) forscht zu Möglichkeiten und Voraussetzungen interdisziplinärer Zusammenarbeit bzw. Kommunikation sowie zu (Technik-)Anthropologie.

Weitere Informationen und Bestellung unter:

[www.transcript-verlag.de/ts2033/ts2033.php](http://www.transcript-verlag.de/ts2033/ts2033.php)

# Inhalt

---

## 1. HIRNFORSCHUNG UND ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT | 9

### 1.1 Diagnosen der Erziehungswissenschaft im Lichte geringen Ansehens | 10

### 1.2 Bildgebung und Metaphorik | 15

### 1.3 Zielsetzung der Arbeit | 21

### 1.4 Vorgehen | 24

## 2. MENSCH UND MASCHINE | 27

### 2.1 Der Mensch als mechanischer Automat | 28

### 2.2 Der Mensch als Industriepalast | 31

### 2.3 Bilder und Modelle | 36

### 2.4 Der Mensch als neuronale Maschine | 38

### 2.5 Selbstdeutung im Zeichen der Neurochemie | 44

## 3. WELTBILDER UND WISSENSCHAFTSTRADITIONEN | 53

### 3.1 Epistemologische Überlegungen zur Generierung von Wissen | 54

#### 3.1.1 Naturalismus und Reduktionismus | 55

#### 3.1.2 Realismus, Nominalismus und Experimentalsysteme | 61

### 3.2 Komplexität von Rahmenbedingungen bei Experimenten an Menschen | 66

### 3.3 Zwischenbilanz | 69

## **4. ZWISCHEN GEGENSTÄNDEN, INSTRUMENTEN UND BILDERN | 75**

### **4.1 Mikroskopieren | 77**

4.1.1 Lebenswelt und Beobachtung | 78

4.1.2 Optik | 78

4.1.3 Präparation und Konservierung | 83

### **4.2 Erfahrungen vervielfältigen | 88**

4.2.1 Abbilden | 89

4.2.2 Darstellungsstile und Objektivität | 93

4.2.3 Wissenschaftliches Sehen | 97

### **4.3 Beugung und mikroskopisches Sehen | 100**

### **4.4 Mikroskopieren mit anderen Wellenlängen | 102**

### **4.5 Bewertung von Interaktionsprozessen bei der Lichtmikroskopie | 105**

### **4.6 Irrtümer der Biomikroskopie | 109**

## **5. BASISTHEORIEN UND TECHNIKEN DER MAGNETRESONANZTOMOGRAPHIE | 111**

### **5.1 Exkurs: Vorstellungen und Unvorstellbares aus der Teilchenphysik | 113**

5.1.1 Punktförmige Teilchen | 114

5.1.2 Quanten und Spins | 116

5.1.3 Rekapitulation und Interpretation | 118

### **5.2 Physikalische Grundlagen der Kernspinresonanz | 120**

5.2.1 Magnetismus, Drehmoment, Präzession, An-/Isotropie | 121

5.2.2 Longitudinale und transversale Magnetisierung | 123

### **5.3 Strukturelle MR-Tomographie | 128**

5.3.1 Parameter der Signalentstehung: PD,  $T_1$ ,  $T_2$  | 128

5.3.2 Gradienten | 130

### **5.4 Bildrekonstruktion und Bildqualität bei der strukturellen MRT | 136**

**5.5 Bildrepräsentation der strukturellen MRT | 143**

**5.6 Funktionelle MR-Tomographie | 150**

5.6.1 Paramagnetismus und EPI | 151

5.6.2 Neurovaskuläre Kopplung, BOLD und Auflösung | 152

**6. BILDGENESE UND INTERPRETATION DER FMRT | 159**

**6.1 Versuchsdurchführung | 159**

**6.2 Ergebnisinterpretation – Fallbeispiel Gedankenlesen | 164**

**6.3 Korrelative Beziehungen | 168**

**6.4 Darstellungsstile – fMRT-Bilder als Komposita | 175**

**6.5 Zusammenfassung und Bewertung | 181**

**7. RESÜMEE UND AUSBLICK | 189**

**LITERATUR | 201**

**DANKSAGUNG | 223**

# 1. Hirnforschung und Erziehungswissenschaft

---

An der Beurteilung des Verhältnisses der Erziehungswissenschaft zur Hirnforschung<sup>1</sup> scheiden sich die Geister. Zwischen den Exponenten der beiden vertretenen Positionen – einerseits Befürwortern einer Hinwendung zu neurowissenschaftlichen Theorien und andererseits klaren Gegnern der Beschäftigung mit geirnbezogenen ›Gebrauchsanweisungen<sup>2</sup> – ist eine sehr heterogene Diskurslandschaft entstanden. Im Diskurs bezüglich der Frage, welchen Stellenwert Hirnforschung in Pädagogik und Erziehungswissenschaft<sup>3</sup> hat und haben sollte, finden sich auch Elemente eines bereits betagten und dennoch stets aktuellen Themas der Erziehungswissenschaft: die Selbst- und Fremdwahrnehmung der Disziplin, deren sich stets wandelnder Gegenstandsbereich nicht eindeutig definierbar ist und weder exklusiv noch autonom von ihr bearbeitet werden kann.

---

1 Es gilt zu beachten, dass es sich bei »Neurowissenschaften« und »Hirnforschung« um Sammelbegriffe handelt, die sich am Gegenstand der Forschung orientieren und nicht auf bestimmte Fakultäten begrenzt sind. Unschärfen, die bei der Verwendung dieser Begriffe unumgänglich sind, werden diskutiert bei Becker 2006a, S. 18f.

2 Vgl. Birkenbiehl 1983; Hüther 2001; Ratey 2001; Spitzer 2007a.

3 Unter Pädagogik wird hier und im Folgenden die Tätigkeit des Anleitens verstanden, während mit Erziehungswissenschaft die wissenschaftliche Untersuchung verschiedener Bereiche der Bildungsinstitutionen und -einrichtungen (Familie, Schulen, Universitäten) bezeichnet wird.

## 1.1 DIAGNOSEN DER ERZIEHUNGSWISSENSCHAFT IM LICHT GERINGEN ANSEHENS

Bereits in den 1980er Jahren attestieren Herrmann et al. der Erziehungswissenschaft eine »chronisch schlechte Reputation [...] in Öffentlichkeit und Wissenschaft«<sup>4</sup> und führen diese (unter anderem) auf die »Muster erziehungswissenschaftlicher Theorieproduktion und -verbreitung« und die »Funktion und Wirkung der Erziehungswissenschaft in pädagogischen Handlungsfeldern«<sup>5</sup> zurück. Es seien »Theoriekonjunkturen« zu beobachten, die mangels Kontinuität und systematischer Theoriekritik regelmäßig in »Theoriekonkursen« endeten, ohne einen Erkenntnisfortschritt stabilisieren zu können.<sup>6</sup> Die Frage nach Konjunkturperioden stellt sich gegenwärtig bei neurobiologischen »Impulsen« an die Erziehungswissenschaft: Dort scheint ein Konjunkturhoch von einem -tief abgelöst worden zu sein. Zumindest die affirmative Rezeption und Bearbeitung von »Ergebnissen der Hirnforschung« haben, nach einer Phase der »Hirnforschungseuphorie«<sup>7</sup> ihren (ersten?) Zenit in der Erziehungswissenschaft überschritten.<sup>8</sup> Die Anzahl einschlägiger Publikationen ist seit einigen Jahren rückläufig, der Forschungsstand der »Neuropädagogik« stagniert, wie Herrmanns Vorwort zur zweiten Auflage des von ihm herausgegebenen Sammelbandes *Neurodidaktik* darlegt:

»Die Forschungs- und Diskussionslage, die die vor vier Jahren zusammengestellten Beiträge dieses Bandes dokumentieren, ist unverändert. Neurowissenschaftler arbeiten an der Aufklärung von Lern- und Gedächtnisprozessen, Kognitionspsychologen an der Modellierung von höheren kognitiven Leistungen. Von gemeinsamen Fragestellungen sind sie weit entfernt, auch das NIL-Programm des BMBF hat sich – von seinen ursprünglichen Absichten her gesehen – insoweit als Fehlschlag erwiesen.«<sup>9</sup>

---

4 Herrmann et al. 1983, S. 444.

5 Ebd.

6 Vgl. ebd., S. 452.

7 Vgl. Löwenstein 2007, S. 158f.

8 Vgl. Meyer-Drawe 2008, S. 95; Tichy 2007, S. 395.

9 Herrmann 2009, S. 8. Das Akronym NIL steht für »Neurowissenschaften – Instruktion – Lernen« und bezeichnet »ein Programm zur Förderung der wissenschaftlichen Zusammenarbeit zwischen Neurowissenschaften und Lehr-Lern-Forschung«, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

Als maßgebliche Beiträge zur Stabilisierung des Wissens bezüglich erziehungswissenschaftlich bearbeiteter Themen der Hirnforschung sind gegenwärtig vor allem die *Diskurse des Lernens* von Käte Meyer-Drawe<sup>10</sup> sowie *Die neurowissenschaftliche Herausforderung der Pädagogik* von Nicole Becker zu nennen.<sup>11</sup> Obwohl sich dort auch gute Gründe für einen endgültigen Konkurs solcher Theorien fänden, die auf der Bearbeitung von ›Ergebnissen der Hirnforschung‹ fußen, zeigt andererseits die zweite und erweiterte Auflage von *Neurodidaktik*, dass neurowissenschaftliche Themen in der pädagogischen Praxis weiterhin auf breites Interesse stoßen. Die dort neu hinzugenommenen Artikel von Bauer und Hüther zitieren fast ausschließlich populärwissenschaftliche Bücher eigener Autorschaft, was darauf hindeutet, dass die Autoren damit keine wissenschaftlichen Ziele verfolgen.

Zwischen theoretischer Reflexion und pädagogischer Praxis scheint es deutliche Unterschiede in der Nutzung von Wissensbeständen zu geben, die sich vielleicht auch aus historisch tradierten strukturellen Besonderheiten des erziehungswissenschaftlichen bzw. pädagogischen Feldes ergeben: einer Oszillation zwischen Reflexion und Sinnstiftung. Markus Rieger-Ladich datiert (unter Bezugnahme vor allem auf Tenorth) die Emanzipation der Erziehungswissenschaft zu einer eigenständigen Disziplin in Deutschland auf den Beginn des 20. Jahrhunderts und charakterisiert sie als eine Reaktion auf gesellschaftliche Umbrüche im Zuge der Hochindustrialisierung. In dieser Phase gesellschaftlicher Neuordnung sei »gesellschaftsweit ein erheblicher Reflexionsbedarf und eine große Nachfrage nach systematisch angeleiteter Erforschung von Erziehungsfragen«<sup>12</sup> entstanden und der Erziehungswissenschaft ein Bearbeitungsprimat für Fragen von Erziehung und Bildung zugesprochen worden. Von ihr sei neben der Reflexion gleichzeitig auch Sinnstiftung erwartet worden, und diese Rolle habe die Erziehungswissenschaft bereitwillig übernommen:<sup>13</sup> »Zeitdiagnosen liefern, normative Zieldiskurse führen, die Reflexion von Erziehung und Bildung betreiben, die Institutionen des Bildungswesens erforschen u.a.m.«<sup>14</sup> Die Ansprüche an die Erziehungswissenschaft sind seit ihrer Etablierung als eigenständige Disziplin hoch und spiegeln in der Darstellung Rieger-Ladichs die bipolare Ausrichtung der Erziehungswissenschaft von Beginn an wider: Als ihre Aufgabe gelte gleichzeitig das aktive Eingreifen in gesellschaftliche Entwicklungsprozesse

---

10 Meyer-Drawe 2008.

11 Becker 2006a.

12 Rieger-Ladich 2007, S. 165.

13 Vgl. ebd., S. 167, insbesondere auch FN 7.

14 Ebd.

durch Erziehung sowie Bildung<sup>15</sup> und deren theoretische Aufarbeitung. Allerdings besitzt die Erziehungswissenschaft »hinsichtlich pädagogischer Felder keine Definitionshoheit und kann daher auch keinen Alleinvertretungsanspruch durchsetzen«.<sup>16</sup>

Am Bedürfnis nach Antworten auf Leitfragen der Erziehung mangelt es nach wie vor nicht. Der Markt fragt aber vor allem Handlungsleitfäden nach und wird in erster Linie von nicht-erziehungswissenschaftlichen Akteuren bedient: Hier finden sich z.B. von Neurowissenschaftlern geschriebene Erziehungsratgeber, die sich in ihren Programmen auf Ergebnisse der Hirnforschung berufen und einfache Lösungen für komplexe gesellschaftliche Probleme bereithalten.<sup>17</sup> Sofern solche Trends auf erzieherisches Handeln Einfluss nehmen, kann die Erziehungswissenschaft sie kaum ignorieren. Auf den Vormarsch »neurowissenschaftlicher« Ratgeber gab es in der Erziehungswissenschaft unterschiedliche Reaktionen: direkte Aufnahme, Zurückweisung und den Versuch einer Auseinandersetzung mit den Urhebern neurowissenschaftlicher Theoreme mit erziehungswissenschaftlicher Rahmung.<sup>18</sup> In vielen Fällen wirkt ihre Intervention jedoch, wie Sabine Andresen feststellt, verspätet: etwa als Auftreten eines Provinzlers in seiner Nachahmung einer Avantgarde, oder, weil das (vermeintliche) gesellschaftli-

---

15 In den Worten Günther Bittners werde der Erziehungswissenschaft ein »Konzept vom Lebensganzen« abverlangt, das sich innerhalb der Disziplin in Form der »Dominanz ›pädagogischer Utopien‹« zeige (Herrmann et al. 1983, S. 447f. mit Referenz auf Luhmann/Schorr 1979, S. 343).

16 Becker 2007, S. 143.

17 Manfred Spitzers »Vorsicht Bildschirm!«, betont schädliche Auswirkungen elektronischer Medien auf die Kindesentwicklung (Fernsehen und Computer seien für verminderte Intelligenz, gesteigerte Aggressivität und Übergewicht von Kindern verantwortlich) und empfiehlt ihr generelles Verbot – zumindest für Kinder (Spitzer 2004). (Es überrascht ein wenig, dass Spitzer »Vorsicht Bildschirm« auch auf DVD präsentiert [Spitzer 2007b].) Die negierende Haltung gegenüber elektronischen Medien geht an der heutigen Erziehungsrealität völlig vorbei. Dass das Büchlein allein von 2004-2006 viermal aufgelegt wurde, ist jedoch ein Hinweis darauf, dass insbesondere zu Zeiten lebensweltlich relevanter Neuerungen – in diesem Fall die alle Alters- und Bevölkerungsschichten durchdringende »Digitalisierung« – Bedarf an eindeutigen Empfehlungen besteht. Die Schlichtheit der Empfehlungen solcher Ratgeber könnte ein Grund dafür sein, warum sie auch unter praktisch tätigen Pädagogen beliebt sind. Sie stehen nämlich der von multidimensionalen Einflüssen geprägten Offenheit und Ungewissheit normaler Erziehungssituationen diametral entgegen (vgl. Meyer-Drawe 2008, S. 89).

18 Vgl. Müller 2006, S. 205ff.



che Problem, das durch Ratgeber bearbeitet wird, von der Erziehungswissenschaft nicht rechtzeitig erkannt oder zumindest nicht ausreichend (marktgerecht?) behandelt wurde.<sup>19</sup>

Neurowissenschaft und Erziehungswissenschaft unterscheiden sich massiv in der Rezeption der Forschung der jeweils anderen Perspektive. Besonders deutlich wird dies daran, dass eine wissenschaftliche Auseinandersetzung von Hirnforschern mit erziehungswissenschaftlich formulierten Einwänden bisher ausbleibt und selbst in interdisziplinären Sammelbänden keine Zitation auch nur die Kenntnisnahme erziehungswissenschaftlicher Beiträge durch die beteiligten Hirnforscher zu erkennen gibt.

Neben der Offenheit des erziehungswissenschaftlichen/pädagogischen Feldes für andere Disziplinen sind auch die Grenzen der Betätigungsbereiche der Erziehungswissenschaft (etwa im Verhältnis zu Soziologie oder Psychologie) nicht klar definiert – beispielsweise findet sich Sozialisationsforschung sowohl unter dem Dach der Erziehungswissenschaft als auch bei den Sozialwissenschaften; Pädagogische Psychologie kann als Fachbereich sowohl der Erziehungswissenschaft als auch der Psychologie zugeordnet sein. Als Konsequenz dieses integrativen Moments gibt es für die Erziehungswissenschaft kein in allen Bereichen anerkanntes und verbindliches Methodenrepertoire, das die Grenzen der Disziplin verdeutlichte: von Hermeneutik über Diskursanalysen bis hin zu quantitativen Verfahren finden unterschiedlichste Analyseansätze Eingang in erziehungswissenschaftliche Diskurse.

Auch die Anforderungen an die Pädagogik werden mitunter als grenzenlos aufgefasst: »[W]as sollen Lehrer und Erzieher eigentlich letztlich nicht richten, beheben, ermöglichen oder hervorbringen?«, fragt Norbert Ricken.<sup>20</sup> Die Erwartung, dass Pädagogik die Funktion einer gesamtgesellschaftlichen Reparaturinstanz übernehmen solle, wird begleitet von Unterstellungen des Versagens und der Unwissenschaftlichkeit. Nicht selten werde kolportiert, dass eigentlich jeder Experte in Sachen Erziehung, Bildung und Lernen sei, weil er langjährig mit ihnen konfrontiert wurde. Ricken vermutet, dass schon das Wort »Erziehung« gegenwärtig so stark negativ konnotiert sei, dass Erziehungswissenschaftler einem assoziativ bedingten Ansehensmanko mit einer Umbenennungswelle hin zu »Bildungswissenschaften« begegneten.<sup>21</sup> Dass auch der Begriff des Lernens so trivialisiert verwendet wird, dass es für sein Verständnis keine Laien zu geben scheint und Erziehungswissenschaftlern oder Pädagogen mithin ein besonderer Expertenstatus abgesprochen werden könne, beschreibt Meyer-Drawe: »[J]eder

19 Vgl. Andresen 2007, S. 128ff., besonders S. 131.

20 Ricken 2007, S. 16; vgl. auch ebd., S. 21 und 33.

21 Vgl. ebd., S. 20f.

hat ja irgendwie gelernt. [...] Jeder kann mitreden. [...] Alles, was sich verändern kann, lernt: Systeme, Gesellschaften, Religionen, Maschinen [...]. In einer Gesellschaft flexibler Menschen meint Lernen eine Art opportuner Anpassung an soziale Erfordernisse.«<sup>22</sup> Trotz eines solchen Allgemeinverständnisses von Lernen im Sinne einer affirmativen Adaption an Umweltbedingungen wird von der Pädagogik erwartet, humanistische Ideale hochzuhalten. Wer nämlich

»Durchsetzungsfähigkeit wie Eigennutz, Rücksichtslosigkeit und bewusste Vorteilsnahme als nicht nur faktisch angemessene, sondern auch prinzipiell wünschenswerte Maximen aufstellte und schließlich zu ausdrücklich pädagogisch begründeten Lernzielen erklärte, der sähe sich vermutlich umgehend harschen Vorwürfen ausgesetzt, dass dies mindestens unverantwortlich, wenn nicht gar menschenverachtend und insofern schlicht zynisch sei.«<sup>23</sup>

Die Diskrepanz zwischen einerseits hohen, zum Teil widersprüchlichen Erwartungen sowie Anforderungen und andererseits pädagogisch Leistbarem führt schnell zu Enttäuschungen und kann in der Folge zu einem geringen Ansehen von Pädagogik und Erziehungswissenschaft beitragen. Stets wird betont, wie wichtig Fragen von Erziehung und Bildung sind; doch der Erziehungswissenschaft wird nicht zugetraut, drängende gesellschaftliche Fragen beantworten und bestehende Probleme bearbeiten zu können.<sup>24</sup>

---

22 Meyer-Drawe 2008, S. 30.

23 Ricken 2007, S. 18.

24 Vgl. ebd., S. 21. Entgegen dieser Ansicht betonen Keiner/Tenorth: »[N]icht erst in der Gegenwart, hier aber unverkennbar, ist die Disziplin für ihre politisch-gesellschaftlich relevante Umwelt auch ein gesuchter, für Fragen der Bildungs- und Erziehungspolitik offenbar unersetzlicher Partner« (Keiner/Tenorth 2007, S. 155). »Es gibt kein bildungspolitisches Programm seit 1788, das nicht erst durch Mitwirkung pädagogischer Expertise [...] seine definitive Gestalt gewonnen hätte« (ebd., S. 164). Den dort genannten Indikator – Gremienmitgliedschaft – halte ich jedoch in Bezug auf die Messung gesellschaftlichen Ansehens für ungeeignet. Der Vergleich von Beiträgen zu Themen rund um erziehungswissenschaftliche und pädagogische Fragen von Vertretern unterschiedlicher Disziplinen in populärwissenschaftlichen Zeitschriften scheint mir hier aussagekräftiger (vgl. Becker 2006b).

## 1.2 BILDGEBUNG UND METAPHORIK

Anders verhält es sich mit dem Vertrauen in die modernen Neurowissenschaften und ihre Methoden. Sie wurden der Erziehungswissenschaft von der OECD im Jahr 2002 als Vorbild empfohlen,<sup>25</sup> und im Folgebericht wurde 2007 festgehalten, dass die Erziehungswissenschaft nach zwei Jahrzehnten Pionierarbeit der Neurowissenschaften nun (endlich) anfangen zu erkennen, dass das Verstehen des Gehirns helfe, in Bildungstheorie, -praxis und -politik neue, bessere Wege zu beschreiten.<sup>26</sup> Auf (wissenschafts)politischer Ebene steht die bildgebende Hirnforschung nach wie vor hoch im Kurs; interdisziplinäre Großprojekte, die in Kernbereichen mit bildgebenden Verfahren arbeiten, werden von der DFG weiterhin mit Millionenbeträgen gefördert.<sup>27</sup> Bedeutet der jüngste schlagartige Rückgang der Verarbeitung neurowissenschaftlicher Theoreme in der Erziehungswissenschaft<sup>28</sup> nun, dass eine unbegründete Angst vor biologischer Forschung eine Auseinandersetzung mit wichtigen Forschungsergebnissen der Hirnforschung verhindert und womöglich zu einem »irreversiblen Schaden« für die Pädagogik zu führen droht?<sup>29</sup> Oder werden wertvolle Ressourcen vergeudet, indem massenmarktaugliche, populärwissenschaftlich geäußerte Befunde ohne hinreichende Reflexion übernommen werden, in der Hoffnung, den uralten und doch kaum erfüllbaren pädagogischen Traum zu realisieren: steuern zu können, was Kinder wann lernen?<sup>30</sup> Ließe sich dieser Traum verwirklichen, wenn man Schülern »in die Köpfe gucken« könnte? Dann wäre das Instrument der Erfüllung wohl die funktionelle Bildgebung; stets wird betont, dass ihr die großen Fort-

---

25 Vgl. OECD 2002, S. 9f.

26 OECD 2007, S. 13: »After two decades of pioneering work in brain research, the education community has started to realize that ›understanding the brain‹ can help to open new pathways to improve educational research, policies and practice.«

27 Z.B. das »Exzellenzcluster« *Languages of Emotion* mit dem *Dahlem Institute of Neuroimaging* in Berlin.

28 Vgl. Becker 2010.

29 Friedrich 2005, S. 27. Weitere vor Ignoranz warnende Stimmen werden zitiert bei Becker 2006b, S. 178.

30 »Wovon ein Lehrer träumt« aus Kahles Handbuch für Lehrerbildung von 1890 [...]: »Aller Augen sind heute auf den Lehrer gerichtet; [...] kein Schüler wird müde und matt; keiner kommt auf fremde Gedanken; keines bedarf eines Anstoßes. [...] Heute kann der Lehrer gewiß sein, daß sein Wort ›gehaftet‹ hat« (Ricken 2007, S. 30).

schritte der Neurowissenschaften in den letzten Jahrzehnten zu verdanken seien.<sup>31</sup>

Die derzeit maßgebliche bildgebende Technologie, deren Bilder die Strahlkraft der Hirnforschung ausmachen, ist zweifelsohne die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT). Sie ist deswegen besonders attraktiv, weil sie an Menschen in vivo und bei Bewusstsein vermeintlich das sonst unsichtbare Innerste – Vorgänge im Gehirn – nach außen zu kehren vermag und in (farbigen, im Vergleich zu anderen Verfahren scheinbar hochauflösenden) Bildern festhalten kann. Populärwissenschaftliche Darstellungen von Neurowissenschaftlern erwecken beim Laien mitunter den Eindruck, »tatsächlich einer Hirnaktivität beizuwohnen, wobei unbemerkt lebensweltliche Erfahrungen und Assoziationen zur Deutung herangezogen werden.«<sup>32</sup> Möglicherweise befriedigen sie ein »tief verankertes Bedürfnis im Menschen«,<sup>33</sup> wie Gottfried Boehm die Wirkung von Bildern beschreibt: Nach Boehm sind Bilder besonders dazu in der Lage, Zugänge zu Abwesendem, Erdachtem und Erträumtem zu öffnen.<sup>34</sup>

Die Sinnstiftung, die von der Pädagogik erwartet wird, kann von Vertretern populärwissenschaftlicher Hirnforschung mit den massenhaft in Hochglanzzeitschriften abgedruckten Bildern der fMRT ausgeübt werden. Hirnbilder geben sich nicht direkt als Abbild von Natürlichem oder als künstliches Artefakt zu erkennen – sie lassen beide Deutungen zu, und der betrachtende Laie bleibt im Unklaren. Zumindest in ihren strukturellen (schwarz/weißen) Anteilen können sie auf tatsächlich Vorhandenes Bezug nehmen (nämlich auf Unterschiede in der Gewebezusammensetzung organischer Materie).<sup>35</sup> Die funktionellen (farbigen) Anteile der Hirnbilder geben über bestimmte Farbskalen einen schnellen Überblick über die Signifikanzwerte tausender Hypothesentests. Trotz dieser eigentlich sachlichen Funktion können bestimmte Arten von Hirnbildern ihren Betrachter mit »ikonische[r] Wucht«<sup>36</sup> treffen. »Etwas wirkt *durch* Bilder, [...] dadurch, dass sie mit ihren imaginativen Überschüssen an sinnliche Erfahrungen anknüpfen«.<sup>37</sup> Hirnbilder sind Modellbilder: Sie beziehen sich auf bestimmte

---

31 Vgl. z.B.: Herrmann 2009, S. 18; Pauen 2009, S. 33; Schumacher 2009, S. 124; Stern 2009, S. 116.

32 Meyer-Drawe 2010, S. 814.

33 Boehm 2008, S. 37.

34 Vgl. ebd., S. 39.

35 Für interindividuelle Datenauswertungen bedarf es jedoch standardisierter Referenzgehirne ohne natürliche Entsprechung.

36 Meyer-Drawe 2010, S. 808.

37 Ebd.

ausgewählte Elemente einer Wirklichkeit, sie lenken die Wahrnehmung auf diese Aspekte und blenden andere aus.<sup>38</sup>

Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, Daten der fMRT zu visualisieren und visuelle Modelle zu erstellen, deren spontan assoziative Wirkungen sehr unterschiedlich stark ausgeprägt sind. In populärwissenschaftlichen Kontexten finden sich jedoch stets ästhetische Darstellungen, die lebensweltliche Anknüpfungspunkte beim Betrachter suchen, gerade zu dem Zweck, ihn in den Bann der Bilder zu ziehen und etwas in ihm zu bewirken. Solche Hirnbilder haben eine suggestive Macht. Sie lösen Assoziationen und gegebenenfalls Emotionen aus und vermitteln durch Bedeutungsübertragung eine sinnliche Erfahrbarkeit.

»Die Kraft der Modellbilder hat damit zu tun, dass die meisten ihrer visuellen Wurzeln [...] in der Sphäre der Lebenswelt und des Alltags vorgeprägt sind. Die Vehikel der Einbildungskraft, deren sich Modellbilder bedienen, entstammen mithin Metaphoriken, die sich tief in den Betrachtern und ihrer Erfahrungswelt niedergeschlagen haben.«<sup>39</sup>

In ihrer Funktion der Bedeutungsübertragung sind Modellbilder Metaphern.<sup>40</sup> Ihre Übertragungskontexte sind jedoch weniger prädestiniert, als dies bei sprachlichen Metaphern der Fall ist. Doch wie sprachliche Metaphern können bestimmte Formen der Datenvisualisierung eine »schlagartige und unvermittelte Evidenz«<sup>41</sup> gewinnen, die der eigentliche Gegenstand nicht hat. So können sie (dem Laien wie dem Wissenschaftler) ein Reden über ihn auf der Basis eines historisch gewachsenen Vorwissens überhaupt erst ermöglichen. Die anfänglich mehrdeutigen Assoziationen und Übertragungen gewinnen durch Sprachgebrauch an Eindeutigkeit. Durch eingängige sprachliche Zuschreibungen – »Gedanken lesen«, »Schnappschüsse des Geistes anfertigen« – verfestigen sich in den Bildern die Bedeutungsfelder der sprachlichen Metaphern. Auf diese Art verselbstständigt, bestimmt die Assoziation des Gedankenlesens die Richtungen der Argumente eines Diskurses über Hirnforschung, ohne dass die sprachliche Metapher im Diskurs noch explizit verwendet werden muss.<sup>42</sup> Insofern sind die Bilder der fMRT außerordentlich wirkmächtige Modellbilder und können Deutungen jenseits ihrer Modellfunktion provozieren.<sup>43</sup> Sie verschweigen die Bezugstheorien, Vorannahmen, Datenaggregationen, variable Parameter und sprachli-

38 Vgl. Boehm 2008, S. 116.

39 Ebd., S. 140.

40 Vgl. auch Vögtli/Ernst 2007, S. 20ff., insb. S. 34ff.

41 Hügli 2007, S. 24.

42 Vgl. ebd., S. 19.

43 Vgl. auch Abschnitt 5.4.

che sowie sonstige im weitesten Sinne soziale Rahmenbedingungen, die ihrer Genese vorausgehen, in sie einfließen und ihre möglichen Ausprägungen mitbestimmen. Ohne Klarheit bezüglich der Bedingungen der Bildgenese bleiben die Möglichkeiten der Auseinandersetzung mit den Bildern beschränkt. Ohne dezidierte Methodenkenntnisse sind Diskurse über Erkenntnisse der Hirnforschung und das propagierte neue Menschenbild auf die Einschätzungen derjenigen Wissenschaftler angewiesen, die natürlich ein Interesse daran haben, dass ihre Forschung als besonders faszinierend, potent und bedeutend wahrgenommen wird.<sup>44</sup> Die Einschätzung der Leistungsfähigkeit neurowissenschaftlicher Methoden droht dann leicht zur Glaubensfrage zu werden. Der große Nutzen von Bedeutungsübertragungen kann bei den Hirnbildern zu einem großen Problem werden: (Bild)metaphern können Fremdes vertraut werden lassen und (dem Laien) ein Verständnis vorspiegeln, wo im wissenschaftlichen Sinne keines ist. So avancieren popularisierte Modellbilder zu einem wichtigen Teil der landläufigen Einschätzung dessen, was bildgebende Neurowissenschaften alles zu erklären vermögen.<sup>45</sup>

Abbildung 1 ist Ausdruck eines vergleichsweise leicht nachvollziehbaren Beispiels dafür, wie Bilder durch Metaphorik zum Kronzeugen einer Technologie werden und beim Bildbetrachter Erwartungen wecken, die die Wissenschaft nicht erfüllen kann.

Durch die Beschriftung wird suggeriert, man könne mithilfe einer Hightech-Bildgebung direkt ablesen, wie schädlich sich die temporäre Abwesenheit von Eltern auf die »Verdrahtung« im Kindergehirn auswirkt. Die Herkunft der Bilder und die Methode der Bildgewinnung werden bei Braun nicht erwähnt. Im Bezugsartikel in der neurobiologischen Fachzeitschrift *Neuroscience* wird als Untersuchungsmethode eine Kombination aus Mikroskop und Bildanalysesoftware genannt,<sup>46</sup> die obige Abbildung taucht dort jedoch nicht auf. Die Untersuchung der Hirnzellen per Mikroskop setzt den Tod der Tiere voraus; in der zitierten Studie wurden die Gehirne der enthaupteten Ratten vor der Analyse 14 Tage in eine Golgilösung eingelegt, um (zufällige) Nervenzellen anzufärben.<sup>47</sup> Da eine Untersuchung an langwierig präparierten Gehirnscheibchen nicht *in vivo* durchgeführt werden kann, kann die Abbildung keine Unterschiede der Anzahl synaptischer Dornen an der gleichen Zelle »nach wiederholtem Elternentzug« zeigen. Laut Bezugsartikel wurde der Befund statistisch über Zellstichproben aus unter-

44 Vgl. Janich 2009, S. 91ff. sowie Dumit 2004, S. 105.

45 Vgl. auch Meyer-Drawe 2008, S. 30.

46 Vgl. Helmeke/Poeggel/Braun 2001, S. 930.

47 Vgl. auch Abschnitt 4.1.3.

schiedlichen Gruppen (à 5 Tieren) ermittelt.<sup>48</sup> Statt einem eindeutig negativ konnotierten »Chaos im Gehirn?« heißt es dort ausdrücklich, dass die Untersuchung keine Aussagen über die Bedeutung des Befundes für das weitere Leben der Tiere zulässt.<sup>49</sup>

*Abbildung 1: Vermehrung synaptischer Dornen?*

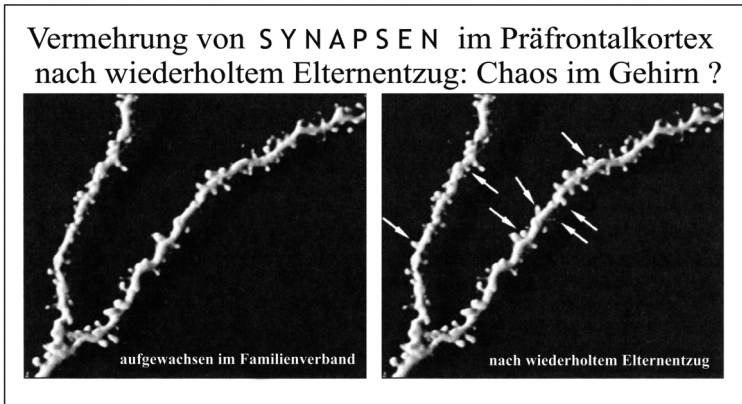


Abb. 4: Nager, die in früher Jugend durch häufige Trennung von den Eltern gestresst wurden, entwickeln im Präfrontalkortex bzw. anterioren cingulären Cortex veränderte (erhöhte) Anzahl von erregenden Spine-Synapsen. Diese dauerhaft veränderte »Verdrahtung« in einer Region, die u.a. für die Steuerung des emotionalen Verhaltens essentiell ist, ist vermutlich die Ursache einer veränderten Emotionalität bei diesen Tieren.

Quelle: Braun 2009, S. 143.

Mit Blick auf diese Diskrepanzen zwischen den Artikeln verwundert es wenig, dass die beiden Bildausschnitte – von den mit Pfeilen gekennzeichneten Orten abgesehen – exakt deckungsgleich sind. Es stellt sich die Frage, warum hier mit zweierlei Gestus geschrieben wird und das Kriterium der Wissenschaftlichkeit im pädagogischen Kontext offensichtlich anders bewertet wird als im naturwissenschaftlichen. Neben dem Zusammenspiel zwischen sprachlichen Metaphern und bildlicher Darstellung – ohne die ›Erläuterung‹ gäbe es auf den Bildern wohl nichts Interpretierbares zu erkennen – verdeutlicht der Artikel Brauns auch eine

48 Vgl. ebd., S. 929.

49 »It remains to be determined whether these synaptic changes are beneficial and improve the animal's capacity for cognitive and behavioral plasticity, or if they are detrimental and result in a deterioration of the animal's intellectual and psychosocial competences during later life.« (Ebd.)

bestimmte Einstellung gegenüber dem um Interdisziplinarität bemühten pädagogischen Diskurs.

Aussagen von Neurowissenschaftlern, die sich an Adressaten außerhalb der Grenzen des eignen Fachgebietes richten – dazu zählen Feuilletons und populärwissenschaftliche Zeitschriften ebenso wie interdisziplinäre wissenschaftliche Veröffentlichungen –, zeugen regelmäßig von einem solchen durch Superalternität gekennzeichneten Habitus. Einige Bekundungen sind Ausdruck der Überzeugung, (zumindest in naher Zukunft) Gedanken und unbewusste Verarbeitungsprozesse identifizieren und objektiv ›lesen‹ zu können.<sup>50</sup> Es geht um nicht weniger als die »Entschlüsselung von Bewusstsein«<sup>51</sup> und damit um den »Kern der *conditio humana*.«<sup>52</sup> Aus diesem Anspruch ergeben sich erhebliche fachliche und disziplinpolitische Konsequenzen für die Erziehungswissenschaft, da Neurowissenschaftler öffentlichkeitswirksam in Bereiche vorstoßen, die traditionell von Philosophen und Erziehungswissenschaftlern bearbeitet werden, wobei aus der Verachtung geisteswissenschaftlicher Methoden kaum ein Hehl gemacht wird: »Das Instrumentarium der Philosophen – eine durch Introspektion angereicherte logische Argumentation – ist der enormen Komplexität und Unzugänglichkeit des menschlichen Geistes einfach nicht gewachsen.«<sup>53</sup> Als Quintessenz erklingt das Postulat, dass die neuere neurowissenschaftliche Forschung eine veränderte gesamtgesellschaftliche Sichtweise auf den Menschen erfordere.<sup>54</sup> Auf welche Weise das Wissen zustande kommt, aus dem solch weitreichende Forderungen abgeleitet werden, wird – zumindest in öffentlichen und interdisziplinären Beiträgen – selten thematisiert, obwohl es für seine Bewertung essenziell wäre.

Bildgebende Verfahren liefern eine anschauliche Referenz für das Paradigma eines »neuronalen Menschen«,<sup>55</sup> das seit den 1980er Jahren zum Leitmotiv der öffentlich von vielen Neurowissenschaftlern vertretenen Erklärungen des Menschen wurde.<sup>56</sup> In einem Satz bedeutet dieses Paradigma die Annahme der »Iden-

50 Vgl. Abschnitt 6.2.

51 Vgl. Koch 2004.

52 »Consciousness is at the very core of the human condition« ist zu lesen im Klappentext von Baars/Banks/Newman 2003.

53 Koch 2004, S. 229.

54 Vgl. z.B. Singer 2003; Roth 2003, insb. S. 545ff.

55 Vgl. Changeux 1984.

56 Eine Sammlung jüngerer populärwissenschaftlich veröffentlichter Beiträge zur Frage, ob Neurowissenschaftler »den ›eigentlichen‹ Kern unseres Denkens, Fühlens und Handelns offen zu legen« in der Lage sind, liefert Köneker 2007 (das Zitat stammt aus dem Klappentext).



tität von geistigen Zuständen und [...] physikalisch-chemischen Zuständen des Gehirns«;<sup>57</sup> oder, noch simpler, in den Worten Holk Cruses: »Ich bin mein Gehirn.«<sup>58</sup> In pädagogischen Kontexten führt diese Gleichsetzung von Personen und ihren Gehirnen zu Darstellungen wie: »Das Gehirn ist immer auf der Suche nach Erfahrungen, nach Erlernbarem, mit denen es sich über Erfolgserlebnisse selbst belohnt, also ein ›Lusterlebnis‹ verschaffen kann.«<sup>59</sup> Wo Pädagogen eine solche Auffassung vom Menschen als hedonistische ›Gehirnmaschine‹ aufnehmen, durch metaphorischen Sprachgebrauch transportieren und gegebenenfalls Unterricht an ihr ausrichten, leisten sie in einer Gesellschaft ›lebenslanger Lerner‹ einen nicht unerheblichen Beitrag zu ihrer gesellschaftlichen Akzeptanz und Normalisierung. Das Bild-/Metaphernkonglomerat populärwissenschaftlich dargestellter Hirnforschung kann so »im Dienste der Lebenspraxis«<sup>60</sup> auch für die Lernenden zum handlungsleitenden Alltagswissen werden. Schlägt sich ein Bild vom Menschen als neurochemisch-selbstreferenzielles maschinelles System im alltäglichen Sprachgebrauch nieder, ist schnell vergessen, dass es die anfängliche Vorläufigkeit und Unzugänglichkeit des Wissens waren, die die Metaphern und Bilder überhaupt nötig werden ließen. »Der Als-ob-Charakter der Metapher geht vergessen, Metaphern werden unvermittelt [...] zur Realität und schaffen damit selbst Realität.«<sup>61</sup>

### 1.3 ZIELSETZUNG DER ARBEIT

Das Konzept, dass der Mensch durch die Struktur und die chemischen Abläufe seines Gehirns determiniert sei, wird in dieser Arbeit als Theorem der ›neuronalen Maschine‹<sup>62</sup> bezeichnet. Seine aktuelle Begründung fußt auf zwei Säulen, erstens dem Fortschritt der neurologischen Diagnostik und zweitens Möglichkeiten zur Intervention. Es ist anzunehmen, dass sich der Glaube an einerseits ein umfassendes Verständnis neurochemischer Vorgänge im Gehirn und ihrer Bedeutung für menschliches Erleben und andererseits die gezielte medikamentöse Veränderung von kognitivem Leistungsvermögen sowie des Allgemeinbefindens massiv gegenseitig bedingen. Potenzielle gesellschaftliche Auswirkungen mo-

---

57 Ebd., S. 245.

58 Cruse 2004.

59 Braun 2009, S. 141. Dieses und weitere Beispiele finden sich bei Becker 2007, S. 149.

60 Hügli 2007, S. 33.

61 Ebd. Vgl. auch Fleck 1980, S. 145f.; Wulf 1999, S. 8.

62 Vgl. Abschnitt 2.4.

derner Interventionsoptionen im Gehirn stehen seit einiger Zeit unter soziologischer und ethischer Beobachtung.<sup>63</sup> Die Rolle diagnostischer Verfahren bei der Formung von Menschenbildern ist jedoch weniger greifbar als dies bei (zumindest in den USA stark beworbenen) Medikamenten der Fall ist, deren Wirkung sich in der Regel auch individuell nachvollziehen und deren Verbreitung sich anhand von Verkaufszahlen recht gut messen lässt. *State-of-the-art*-Technologien wie die fMRT dienen hingegen als visuelle Belege für das Vermögen der Neurowissenschaften, den Menschen durch die Aktivität seiner Neuronen erklären zu können, ohne jedoch direkt überprüfbar zu sein. Für das Verfahren der Positronenemissionstomographie (PET) beschreibt Joseph Dumit eine Verwendung der Bilder als direktes Verkaufsargument für Psychopharmaka.<sup>64</sup> Die soziologische Analyse der Randbedingungen (experimentelle Settings, Sprachgebrauch, Selbstverständnis und Außendarstellung) bei Versuchen der PET führt auch ihn zu dem Schluss, dass Hirnbilder Ikonen seien – Ikonen des Vermögens, dem Gehirn Informationen entnehmen zu können.<sup>65</sup>

Die Feststellung und Erklärung der ikonischen sowie suggestiven Macht von Hirnbildern wirft jedoch die Frage auf, ob die zugrunde liegenden Verfahren prinzipiell geeignet sind, Antworten auf Fragestellungen zur allgemeinen Verfasstheit des Menschen zu bearbeiten. Zu den bildgebenden Verfahren der kognitiven Neuropsychologie zählen Elektroenzephalografie (EEG), Magnetenzephalografie (MEG), Positronenemissionstomographie (PET), strukturelle und funktionelle Magnetresonanztomographie ([f]MRT) und weitere.<sup>66</sup> Im ersten Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts sind es vor allem die Bilder der fMRT, die in der Öffentlichkeit kursieren und Beachtung finden. Diese Hirnbilder und die Auffassung vom Menschen als neuronale Maschine haben inzwischen große Bereiche der Lebenswelt durchdrungen und eine so große anthropologische und damit auch pädagogische Bedeutung erlangt,<sup>67</sup> dass diese Schlüsseltechnologie in der Erziehungswissenschaft eines genauen Blickes bedarf. FMRT ist eine Sammelbezeichnung für verschiedene Methoden, deren Gemeinsamkeit die Verwendung des technischen Gerätes *Magnetresonanztomograph* ist. Aus der Gruppe der fMRT-Verfahren wird für diese Arbeit vor allem die funktionelle BOLD-fMRT unter Verwendung von kognitiven Subtraktionsdesigns beleuchtet, da die meis-

63 Vgl. z.B. Rose 2004; Merkel et al. 2007.

64 Vgl. Dumit 2004, S. 153ff. Diese Nutzung der Bilder ist in Deutschland wegen des Werbeverbots für verschreibungspflichtige Medikamente jedoch nicht möglich.

65 Vgl. ebd., S. 105; vgl. auch Abschnitt 1.2.

66 Einen deutschsprachigen Überblick über bildgebende Verfahren der kognitiven Neuropsychologie bieten Büchel/Karnath/Thier 2006 sowie Jäncke 2005.

67 Vgl. Hövel 2008.

ten Untersuchungen ›höherer Hirnfunktionen‹ beim Menschen gegenwärtig auf diesem Verfahren basieren.<sup>68</sup>

Die Leitfrage dieses Buches lautet, ob sich das Verfahren der funktionellen BOLD-MRT dazu eignet, Aussagen über die Deutung des Menschen als neuronale Maschine zu begründen. Es gilt zu klären, ob alle Schritte im Prozess der Wissensgewinnung so alternativlos und eindeutig ablaufen, dass Aussagen über eine Determiniertheit des Untersuchungsgegenstandes gerechtfertigt sind. Zeigte die fMRT, dass der Mensch eine neuronale Maschine ist, so dürften sich im Prozess der Wissensgewinnung streng genommen keine Kontingenzen finden. Um diese Frage zu beantworten, ist es erforderlich, den Prozess der Bildgenese und die Bezugstheorien der Magnetresonanztomographie auf Erklärungsunsicherheiten sowie -alternativen und Abhängigkeiten von (sozialen) Randbedingungen zu prüfen. In dem sich schnell entwickelnden Bereich der Bildgebung sollen dadurch nicht nur Momentaufnahmen, sondern grundsätzliche Interpretationshilfen auch für zukünftige fMRT-Verfahren und Bilder geliefert werden. Kenntnisse der Methodik der fMRT sind eine Bedingung dafür, dass Diskurse über Hirnforschung in der Erziehungswissenschaft – vor allem für den Fall einer neuerlichen Hochkonjunktur neurowissenschaftlichen Wissens<sup>69</sup> – sachorientiert kritisch stattfinden und in einer gemeinsamen Sprache jenseits begrifflicher Alltagsverständnisse geführt werden können.<sup>70</sup> Nur auf der Basis einer Vertrautheit mit den grundlegenden Prinzipien der funktionellen Bildgebung lässt sich evaluieren, ob und inwiefern sich zukünftige MRT-Verfahren für die Untersuchung erziehungswissenschaftlicher Fragestellungen eignen. Die Analyse von Beobachtungstechnologien nimmt auch deswegen einen prominenten Stellenwert ein, damit das kritisierte Verhalten von Neurowissenschaftlern in pädagogischen

---

68 Das Akronym BOLD steht für »Blood Oxygen Level Dependent«. Zur Funktion der BOLD-fMRT vgl. Kapitel 5.6.

69 »Es wird den öffentlichen Debatten über die pädagogische Relevanz der Hirnforschung zweifellos so ergehen, wie allen Debatten, die sich als Reaktion auf ein bestimmtes diskursives Großereignis [...] entwickeln: Nach einer Hochphase, in der sich Artikel und Stellungnahmen häufen, wird das Thema aus der öffentlichen Aufmerksamkeit verschwinden um zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgenommen zu werden. Es spricht einiges dafür, dass solche Wiederaufnahmen immer dann stattfinden werden, wenn auf Seiten der Neurowissenschaften grundlegende methodische Weiterentwicklungen im Gange sind und zwar insbesondere solche, die Einblicke in das denkende Gehirn erlauben« (Becker 2006b, S. 184).

70 Detaillierte Analysen neurowissenschaftlichen Vokabulars und seine Verwendung außerhalb neurowissenschaftlicher Forschungskontexte finden sich in jüngerer Zeit u.a. bei Bennett et al. 2007, Hagner 2006, Janich 2009, Meyer-Drawe 2008.

Kontexten, nämlich Werkzeuge und Theorien zu trivialisieren, hier keine Entsprechung erfährt.

Trotz allem bleibt der Blick auf die fMRT aus der Erziehungswissenschaft ein fachfremder. Die Anlage der Untersuchung impliziert eine engere Analyse der fMRT stets unter der Fragestellung, ob das Bild vom Menschen als neuronaler Maschine belegt werden kann. Nicht eine objektive Analyse des Verfahrens ist das Ziel, sondern die explizite Suche nach Begründungslücken und kontingenten Einflüssen auf Verfahrensabläufe und Bildgenese. In den Abschnitten, die sich mit den Verfahren der MRT beschäftigen, kommt, bei mehreren verfügbaren Interpretationsalternativen, stets eine kritische zur Darstellung.

Dargelegt wird auch die Rolle von Bildern als verselbstständigten Wissensobjekten in erziehungswissenschaftlichen Diskursen und anderen Bereichen, die Menschenbilder beeinflussen, wie z.B. populärwissenschaftliche Darstellungen neurowissenschaftlicher Ergebnisse. Sie wendet sich gegen die neuropsychologische Verheißung, eine ›gute Pädagogik‹ begründen zu können,<sup>71</sup> und sie will sich als eine kritische Analyse ästhetisierter Bilder und einiger ihrer Verwendungskontexte sowie Interpretationen verstanden wissen, nicht aber als Generalkritik an neurowissenschaftlicher Forschung unter Verwendung bildgebender Verfahren. Forschung, die nicht über suggestive Darstellungen und spekulative Bedeutungszuschreibung an die Öffentlichkeit drängt, wird der Erziehungswissenschaft nicht zum Problem. Es besteht kein Grund, (vorläufige) Forschungsergebnisse, die innerhalb des Wissenschaftssystems verbleiben und dort auch revidiert werden, über Disziplingrenzen hinweg zu kritisieren oder gar zu diskreditieren.

## 1.4 VORGEHEN

In Kapitel 2 – *Mensch und Maschine* – werden anhand mechanischer Androiden, Fritz Kahns Darstellungen des Menschen im Spiegel der Hochindustrialisierung und kybernetischer Informationsverarbeitungssysteme einige markante Stationen der Geschichte eines historisch persistenten Mensch-Maschine-Vergleichs nachgezeichnet. Darauf aufbauend wird das Menschenbild der neuronalen Maschine definiert und eine Differenzierung zwischen Bildern und Modellen eingeführt. In Anlehnung an pharmakologische Interventionsmöglichkeiten werden gegenwärtig

---

71 Vgl. Roth 2004, S. 496. »Nichts von dem, was ich vortragen werde, ist einem guten Pädagogen inhaltlich neu. Der Fortschritt besteht vielmehr darin zu zeigen, warum das funktioniert, was ein guter Pädagoge tut, und das nicht, was ein schlechter tut.«

tige und mögliche zukünftige Auswirkungen des Bildes vom Menschen als neuronaler Maschine diskutiert.

Kapitel 3 – *Weltbilder und Wissenschaftstraditionen* – fragt nach Vorbedingungen der Entstehung neuen Wissens. Es zeigt die Bedeutung von Weltbildern und Wissenschaftstraditionen für die Formulierung unterschiedlicher Konzepte für wissenschaftliche Zugänge zur Welt. Besonderes Augenmerk gilt dabei einerseits dem Begriff der Reduktion und andererseits der Frage, welche Eigenschaften der menschlichen Psyche sich naturwissenschaftlich beschreiben lassen und welche Rolle ›Naturgesetze‹ für das Verständnis der menschlichen Psyche spielen.

Kapitel 4 – *Zwischen Gegenständen, Instrumenten und Bildern* – konkretisiert geisteswissenschaftliche Einwände gegen eine naturwissenschaftlich realistische Wissenschaftsauffassung bei der Verwendung von Verfahren der Bildgebung und sammelt soziale Faktoren der Bildgenese. Aktuelle bildgebende Verfahren der Hirnforschung eignen sich zum Zweck einer wissenschaftshistorischen Analyse nicht, da gerade die funktionelle Magnetresonanztomographie, die im Zentrum späterer Ausführungen steht, erst seit vergleichsweise kurzer Zeit als Standardverfahren eingesetzt wird und einer zügigen Weiterentwicklung unterliegt. Es besteht noch kein ausreichend großer zeitlicher Abstand, um die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen der Entwicklung subsumieren zu können.

Eine naheliegende Technik für diese Form der Untersuchung stellt die Lichtmikroskopie dar. Sie hat einen jahrhundertelangen Werdegang hinter sich, ihre Entwicklung gilt heute als bei ihren physikalischen Grenzen angekommen, und ihre physikalischen Prinzipien lassen sich vergleichsweise leicht nachvollziehen. Die Lichtmikroskopie ist epistemologisch ausgiebig bearbeitet, und auf diese Arbeiten kann zurückgegriffen werden, um Wege der Wissensgewinnung, -vermittlung und -verbreitung bei nur indirekt zugänglichen Objekten aufzuzeigen. Darüber hinaus finden sich deutliche Parallelen zwischen Bildgebungsverfahren mittels Mikroskopie und Magnetresonanztomographie – dazu gehört z.B. der Umgang mit der Schwierigkeit, dass die Datengewinnung für eine zweidimensionale Abbildung an einem dreidimensionalen Objekt vorgenommen werden muss. Aufgrund der einfacheren Zugänglichkeit der Mikroskoptechnik lässt sich mithilfe der Mikroskopie wesentlich deutlicher veranschaulichen, dass Parameter für die Bildqualität variabel und nicht immer kontrollierbar sind, dass ein qualitativer Unterschied vom unvermittelten zum instrumentell vermittelten Sehen besteht, dass Instrumente vorgeben, welche Eigenschaften eines Objektes untersucht werden können, dass sich epochale Stilvorlieben auf Wissensbestände und Visualisierungen auswirken, welche Rolle Vorwissen für Möglichkeiten des

Erkennens spielt und dass es bisher unmöglich ist, eine von menschlicher Interpretation unabhängige sowie sichere Erkenntnis bezüglich der natürlichen Beschaffenheit eines Gegenstandes instrumentell zu erzeugen.

Kapitel 5 konzentriert sich auf *Basistheorien und Techniken der Magnetresonanztomographie*. Es wird gefragt, wie es möglich ist, dass physikalische Theorien, die jenseits lebensweltlicher Anschauung liegen, in medizinischen, psychologischen und erziehungswissenschaftlichen Kontexten zu scheinbar sicherem und anschaulichem Wissen transformiert werden. Darauf aufbauend beginnt in Abschnitt 5.3 eine Darstellung der Funktionsweise der *strukturellen Magnetresonanztomographie* (MRT), die aufzeigt, welche Eigenschaften des Untersuchungsgegenstandes zur Bildgebung verwendet werden können. Es wird verdeutlicht, wie Datentransformationen zur Formung des Wissens beitragen, das sich mithilfe der MRT generieren lässt. Abschnitt 5.6 beleuchtet die Grundlagen der *funktionellen BOLD-MRT*.

Die *Bildgenese und Interpretation der fMRT* unter besonderer Berücksichtigung sozialer Rahmenbedingungen werden in Kapitel 6 dargelegt. Dieses Kapitel vergleicht die Darstellungen prominenter neuropsychologischer Versuche und ihrer Resultate im fachlichen Kontext mit ihren populärwissenschaftlichen Darstellungen. Es geht auf Bedingungen ein, die das Instrument an Versuchsdesigns stellt und auf Besonderheiten der Ergebnisinterpretation, die auf das korrelative Wesen vorgefundener Beziehungen zurückzuführen sind. Letztlich rückt der Kompositcharakter von Hirnbildern, die mithilfe der fMRT gewonnen werden, in den Fokus, und es wird eine alternative Antwort auf die Frage gesucht, was solche Hirnbilder darstellen, wenn sie keine Beweisfotos für die neuronale Maschine sind. Das schließt die Diskussion der Frage ein, ob es gerechtfertigt ist, bildgebende Verfahren für die Begründung eines neuen Menschenbildes heranzuziehen.

Als Literatur für die neuropsychologischen Bereiche dieser Arbeit wird vor allem auf Lehrbücher zurückgegriffen, weil sie dafür bürgen, dass das dargestellte Wissen einen gewissen Grad an Stabilität erreicht hat. Zugunsten der Stabilität wird in Kauf genommen, dass Lehrbuchwissen in der Regel nicht dem neuesten Stand der Forschung entspricht.