

# Kursorischer Streifzug durch die Geschichte der Neurowissenschaften aus neuroethischer und neurophilosophischer Perspektive

Jürgen Brunner

„Wie andere erfolgreiche wissenschaftliche Disziplinen früherer Zeiten produziert die Neurophysiologie gegenwärtig einen weltanschaulichen Überschuss, der sich unter anderem in der Bestreitung menschlicher Freiheit, Verantwortungs- und Schuldfähigkeit äußert. So wie der im Gefolge der klassischen Physik auftretende Universalismus des 18. Jahrhunderts oder der im Gefolge der Darwinschen Revolution der Biologie auftretende soziologische und politische Sozialdarwinismus des 19. Jahrhunderts wird nach meiner Einschätzung auch diese Phase einer neurophysiologisch inspirierten Weltanschauung bei zunehmender Komplexität der Forschungsergebnisse wieder abflauen.“ (Julian Nida-Rümelin, 2005)<sup>1</sup>

## 1 Einleitung

Nicht zuletzt die Befunde der modernen Neurowissenschaften haben dazu geführt, dass zentrale philosophische Fragen des 19. Jahrhunderts wie der Materialismuskurs, die Konzeption von Geist/Materie, Leib/Seele und Willensfreiheit/Determinismus heute erneut intensiv diskutiert werden. Modernisiert hat sich die Terminologie: Physikalismus, psycho-physisches Problem, Körper-Bewusstsein-Problem.<sup>2</sup> Neuroradiologische Methoden und insbesondere Verfahren der funktionellen Bildgebung ermöglichen nicht-invasive Einblicke in neuroanatomische Strukturen und den Ablauf von Hirnfunktionen *in vivo*.<sup>3</sup> Durch diese Verfahren wurde das Interesse an cerebraler Lokalisation psychischer Phänomene neu belebt.

Zunächst wird der neurophilosophische Kontext der cerebralen Lokalisationstheorien aufgezeigt (Kapitel 2.1). Die Tendenz zur reduktionistischen oder eliminativ(istisch)en Neurobiologisierung mentaler Phänomene hat Konsequenzen für den anthropologischen Diskurs. Die Geschichte der cerebralen Lokalisationstheorien wird in ihren Grundzügen skizziert (Kapitel 2.2). Danach werden die modernen bildgebenden Verfahren aus medizinethischer Perspektive betrachtet (Kapitel 3). Im Anschluss werden invasive neurochirurgische Interventionen wie Psychochirurgie und Neurostimulation aus medizinhistorischer und -ethischer Perspektive diskutiert (Kapitel 4). Es folgt ein Überblick über die Geschichte der Psychopharmaka (Kapitel 5). Psychopharmakologische Optionen können auch bei Gesunden zur kognitiven und affektiven Leistungssteigerung eingesetzt werden, was als Neuroenhancement bezeichnet wird. Die ethischen Implikationen von Neuroenhancement werden diskutiert (Kapitel 6). Abschließend wird auf die Libet-Experimente eingegangen, die eine intensive Debatte um die Frage Willensfreiheit versus Determinismus angeregt haben (Kapitel 7). Vertreter eines harten Determinismus und Inkompatibilismus halten die intuitiv vorhandene Willensfreiheit

---

1 Nida-Rümelin (2005), S. 161.

2 Arthur Schopenhauer (1788–1860) bezeichnete in seiner Dissertation „Ueber die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde“ das psycho-physische Problem als den „Weltknoten“ und als „das Wunder *kat' exochen*“ (Schopenhauer [1988 a], S. 143).

3 Walter (2006).

für eine Illusion und fordern Konsequenzen im Hinblick auf moralische und strafrechtliche Verantwortlichkeit. Am Ende (Kapitel 8) steht ein skeptischer Ausblick, verbunden mit der Warnung vor einer modernen Hirnmythologie und einer „spekulativ[e]n] Metaphysik“.<sup>4</sup>

## 2 Cerebrale Lokalisationstheorien und die Physikalisierung des Mentalen

### 2.1 Physikalismus, eliminativer Materialismus

Die Lokalisation von Bewusstsein und Emotionen im Gehirn ist eng verbunden mit dem Versuch einer Naturalisierung des Geistes. Der Physikalismus reduziert mentale Phänomene auf neurobiologische Prozesse.<sup>5</sup> Die Konsequenzen einer Reduktion des Mentalen auf neuronale Vorgänge wären beachtlich: Die Neurowissenschaften würden damit zur „Königsdisziplin“. Psychologie, Philosophie und Theologie wären entbehrlich und gingen ganz in der Neurobiologie als der modernen Leitwissenschaft auf. Die materialistische Identitätstheorie, die ein Verhältnis der Identität zwischen mentalen Phänomenen und neurobiologischen Prozessen postuliert, und der eliminative Materialismus, der dem „Geist“ eine eigene Seinsrealität abspricht, haben Auswirkungen auf den anthropologischen Diskurs und das Konzept der moralischen und strafrechtlichen Verantwortlichkeit.<sup>6</sup>

Gegen eine derartige Materialisierung mentaler Phänomene wird von philosophischer Seite Kritik geübt. Bereits Immanuel Kant (1724–1804) hielt den Versuch einer topographischen Lokalisation der Seele, die Suche nach einem „Seelenorgan“, grundsätzlich für verfehlt. Auf die Schrift „Ueber das Organ der Seele“ (1796) von Samuel Thomas Soemmering, der die Seele im Ventrikel-Liquor lokalisierte, reagierte Kant harsch.<sup>7</sup> Er sprach prinzipiell jeglichem Versuch einer Dingfestmachung und topographischen Lokalisation eines „Seelenorgans“ Berechtigung und Sinnhaftigkeit ab. Seelische Vorgänge seien nur durch den „inneren Sinn“ (durch Introspektion) erfahrbare. Eine materielle Verortung der Seele hielt Kant prinzipiell für unmöglich. Die immaterielle Seele ist nach Kant naturwissenschaftlich nicht erfassbar. Ein naturwissenschaftlicher Erklärungsversuch mentaler Phänomene geht per se schon davon aus, dass mentale Phänomene materialisierbar seien. Demnach hätte der innere Sinn keine eigene

4 Nida-Rümelin (2005), S. 170.

5 Der materialistische Monismus wird in der gegenwärtigen angelsächsischen Philosophie überwiegend als Physikalismus bezeichnet (siehe Kim [2005]). Der eliminativ(istisch)e Materialismus/Physikalismus reduziert mentale Phänomene auf physische (neurobiologische) Vorgänge. Die Existenz eines selbstständigen, irreduziblen Geistigen wird bestritten. Mentales wird mit physischen Prozessen identifiziert. Die Seinselimitation geistiger Phänomene geht einher mit der Ersetzung des mentalistischen und egologischen Vokabulars durch eine rein physikalistische/neurowissenschaftliche Terminologie. Vertreten wurde diese Position von Paul Karl Feyerabend (1924–1994) und Richard Rorty (\*1931). Gegenwärtig wird der eliminative Materialismus im angelsächsischen Kulturraum hauptsächlich von Patricia S. Churchland (\*1943) und Paul M. Churchland (\*1942) sowie im deutschen Sprachraum von Thomas Metzinger (\*1958) vertreten. Eine extreme Form des neurobiologischen Eliminativismus wird von Francis Crick vertreten (*The Astonishing Hypothesis*, 1994). Am neurowissenschaftlichen und neurophilosophischen Eliminativismus ist der atomistische Fehlschluss zu kritisieren. Hierbei wird umstandslos davon ausgegangen, dass aus kleinsten Elementen neuronaler Mikromechanismen auf höherer Ebene ein personaler Standpunkt zusammengesetzt werden könne. Vgl. Sturma (2005), S. 195.

6 Die materialistische Identitätstheorie postuliert, dass mentale Phänomene mit Gehirnzuständen identisch seien. Die Identitätstheorie wurde Ende der 1950er und in den 1960er Jahren entwickelt. Wichtige Vertreter sind Herbert Feigl (1902–1988) und Ullin Thomas Place (1924–2000). Siehe dazu Goller (2003), S. 110–119, und Schäfer (2005).

7 Breidbach (1997), S. 46.

Realität, die Seele ließe sich auf physikalische Phänomene reduzieren. Somit wäre das Denken eine physiologische Funktion des Gehirns, wie das Verdauen eine physiologische Funktion des Magens ist.<sup>8</sup> Kant geht davon aus, dass das Seelische sich nicht mit physikalischen Methoden erfassen lässt. Wären mentale Phänomene topographisch zu verorten, hätten sie eine physikalische Realität und wären demnach materiell.<sup>9</sup> Diese Argumentation geht von der Geschlossenheitsthese aus, wonach jegliche Veränderung im Bereich des Physischen ausnahmslos auf der Basis von Naturgesetzen ablaufen kann.<sup>10</sup> Kant erteilt einem derartigen Ansinnen eine grundsätzliche Absage.<sup>11</sup> Kant kann als Repräsentant der Differenzthese angesehen werden, wonach zwischen mentalen Phänomenen und physischen Vorgängen ein grundsätzlicher Unterschied besteht.

Die Materialisierung des Ichs wurde nicht nur von philosophischer Seite abgelehnt, sondern aus weltanschaulichen Gründen auch politisch sanktioniert. So verbot Kaiser Franz I. dem Phrenologen Franz Joseph Gall 1801 öffentliche Vorträge, so dass Gall Wien daraufhin verließ und sich auf eine Vortragsreise durch Mitteleuropa begab.<sup>12</sup> Begründet wurde dieses Vorlesungsverbot mit dem Vorwurf des Materialismus, der gegen die Grundsätze von Religion und Moral verstoße.<sup>13</sup>

Vor dem Hintergrund dieses philosophischen Diskurses ist das Konzept einer topographischen Lokalisation mentaler Funktionen zu sehen, das in seinen Grundzügen kurz skizziert wird.

## 2.2 Geschichte der cerebralen Lokalisation mentaler Phänomene

Platon vertrat eine dualistische Konzeption. Er postulierte eine immaterielle, unsterbliche Seele,<sup>14</sup> die mehrfach wiedergeboren werde und vor der Geburt die Ideen schaue (Präexistenz). Er unterschied drei Seelenvermögen (Politeia 434d-441c). Der vernünftige Teil (*logistikón*) stehe mit dem begehrenden (*epithymêtikon*) im Konflikt. Der dritte Seelenteil sei der zornartige oder zornhafte (*thymoeides*).<sup>15</sup> Nur der vernünftige Teil sei unsterblich, die beiden anderen seien erst beim Eintreten in den Leib hinzugetreten. Im Seelenmythos des *Phaidros* wird die Seele als ein Gespann beschrieben, dessen Wagenlenker der vernünftige Teil und dessen Pferde der begehrende und der zornartige Teil

8 Genau diese Ansicht vertritt Arthur Schopenhauer. Der Intellekt ist für ihn „als Funktion eines materiellen Organs, materiell“ (Schopenhauer [1985], S. 72). Das Denken sei „physisch, wie die Verdauung“ (ebd., S. 114). „Im metaphysischen Sinn bedeutet Geist ein immaterielles, denkendes Wesen. Von so etwas zu reden, den Fortschritten der heutigen Physiologie gegenüber, die ein denkendes Wesen ohne Gehirn gerade so ansehen muß wie ein verdauendes Wesen ohne Magen, ist sehr dreist.“ (ebd., S. 265) Diese physiologische Betrachtungsweise mentaler Vorgänge findet sich bereits bei Cabanis: Er betrachtete das Gehirn als ein Organ, das Gedanken produziere, ebenso wie Magen und Darm verdauen, die Leber Galle sezerniert und Speicheldrüsen Speichel produzieren (Staum [1980], S. 202). Ähnlich formulierte der materialistische Physiologe Carl Vogt 1847, die Gedanken stünden im selben Verhältnis zum Gehirn wie die Galle zu der Leber und der Urin zu den Nieren (Hagner [1997], S. 225, 262, 327 [Anmerkung 116]).

9 Wolf Singer hält eine Interaktion zwischen einer immateriellen geistigen Entität mit materiellen Prozessen im Gehirn für unmöglich, da Wechselwirkungen mit Materiellem den Austausch von Energie erfordern. Um neuronale Vorgänge beeinflussen zu können, müsste das Immaterielle Energie aufbringen. Damit wäre es aber nicht mehr immateriell, sondern materiell und den Naturgesetzen unterworfen (Singer [2004], S. 38).

10 Sturma (2006), S. 9, Sturma (2005), S. 18. Breidbach (1997), S. 64: „Die Suche nach dem Seelenorgan entspricht dem Versuch einer Materialisierung des Ichs.“

11 Hagner (1997), S. 78–83, Breidbach (1997), S. 61–64, Oeser (2002), S. 106–109.

12 Breidbach (1997), S. 74.

13 Oeser (2002), S. 119.

14 Zur Unsterblichkeit der Seele bei Platon siehe Ricken (2000), S. 120 ff. Die „Unsterblichkeitsbeweise“ finden sich im *Phaidon* ([1] 69e-72e, [2] 72e-77d, [3] 78b-84b, [4] 102a-107b), im *Menon* (81a-86b), in der *Politeia* (608c-611a) und im *Phaidros* (245c-246a).

15 Görgemanns (1994) übersetzt *thymoeides* mit zornartig oder zornhaft, während Horn/Rapp (2002), S. 446, vom „mutartigen Seelenteil“ sprechen.

sind.<sup>16</sup> Den erkennenden Teil lokalisiert Platon im Gehirn (Timaios 69d), dem er damit eine Führungs- und Kontrollfunktion zuschreibt. Erhard Oeser spricht in diesem Kontext von einer zephalozentrischen These Platons.<sup>17</sup> Die beiden niedrigeren sterblichen Seelenteile werden in der Brust und im Unterleib lokalisiert.

Aristoteles lehnt den Leib-Seele-Dualismus Platons ab. Er bestreitet die Existenz einer immateriellen, körperunabhängigen Seele und schließt die Unsterblichkeit der individuellen Seele aus.<sup>18</sup> Dem Gehirn werden empfindende und kognitive Funktionen abgesprochen. Die Funktion des Gehirns sieht er in der Kühlung des Blutes. Im Unterschied zur zephalozentrischen These Platons vertritt Aristoteles eine kardiozentrische These. Das Herz ist bei Aristoteles das Zentralorgan. Die Kontroverse zwischen zephalo- und kardiozentrischer These fand ihren Abschluss bei Galen, der die aristotelische Auffassung des Gehirns als Kühlfunktion ablehnte und die zephalozentrische These vertrat. Auch Alkmaion von Kroton und Hippokrates mit seiner Lehre von der Epilepsie (*morbus sacer*) als Gehirnkrankheit sind Repräsentanten der zephalozentrischen These.

Im Mittelalter dominierte das Paradigma der Ventrikellehre. Die Ventrikel stellte man sich als drei hintereinander liegende Zellen vor (Dreizellenschema). In der ersten Zelle wurden der *sensus communis* (Gemeinsinn) und die *vis imaginativa* (Phantasie, Einbildungskraft) angesiedelt, in der zweiten der Verstand (*vis cogitativa*) und in der dritten das Gedächtnis (*vis memorativa*). Die klassische scholastische Ventrikeltheorie wurde in der Frühen Neuzeit von Andreas Vesalius widerlegt, der 1543 an einem Horizontalschnitt durch das Gehirn die Topographie der Ventrikel anatomisch korrekt beschrieb.

René Descartes (1596–1650) gilt gemeinhin als Begründer des neuzeitlichen Dualismus. Er lokalisierte die immaterielle Seele (*res cogitans*) in der Epiphyse (*corpus pineale*). Das Gehirn fasste er mechanistisch auf als ein System von Röhrcchen, in denen sich die *spiritus animales* bewegen.<sup>19</sup> Julien Offray de La Mettrie (1709–1751) setzte in seiner 1747 publizierten Schrift „L’homme machine“ die bei Descartes bereits formulierte mechanistische Auffassung von der Funktion des Gehirns fort, vertrat aber im Unterschied zum cartesianischen Dualismus einen eliminativen Materialismus: Die Annahme einer Seele zur Erklärung mentaler Phänomene erschien ihm überflüssig.<sup>20</sup>

Der Wiener Mediziner Franz Joseph Gall (1758–1828) korrelierte neuroanatomische Befunde mit Verhaltens- und Charaktermerkmalen. Gall ging davon aus, dass die Hirnrinde für die Funktion von zentraler Bedeutung sei. Der Schädel als Abdruck der Hirnrinde erlaube eine Aussage über die charakterliche Disposition, wobei er von einer nativistischen Konzeption des Charakters ausging. Gall entwickelte eine organo-logische

16 Die Trichotomie Platons erinnert entfernt an Freuds Konzeption von Über-Ich, Ich und Es. Begeht man einen mereologischen Fehlschluss und „übersetzt“ das psychoanalytische Vokabular in neurobiologische Termini, dann wären wohl die neuroanatomischen Äquivalente nach der Identitätstheorie die Homunculi Neocortex („Ich“), limbisches System/ Amygdala („Es“) und präfrontaler Cortex („Über-Ich“). Siehe Birbaumer (2004), S. 27.

17 Oeser (2002), S. 25 ff.

18 Höffe (1999), S. 140–146.

19 Sturma (2005), S. 19f., betont, dass Descartes mit seiner Theorie der *res extensa* auch die Basis des materialistischen Monismus entfaltet hat. Für körperliche Dinge nimmt Descartes ein mechanistisches Weltbild nach Maßgabe der Geschlossenheitstheorie an. Insofern wäre es verkürzt, Descartes nur als Begründer des neuzeitlichen interaktionistischen Dualismus zu sehen. Vielmehr finden sich bei ihm sowohl dualistische als auch materialistische Theoriestücke, wenngleich der dualistische Grundzug vorherrschend ist. Letztlich stehen bei Descartes Differenz-, Geschlossenheits- und Wechselwirkungstheorie unverbunden nebeneinander. Der Schwachpunkt des interaktionistischen Dualismus besteht im Problem der mentalen Verursachung. Später verwarf Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) die Wechselwirkungstheorie, hielt aber sowohl an der Differenz- wie an der Geschlossenheitstheorie fest, vertrat also einen psychophysischen Parallelismus. Ein materialistischer Monismus wurde von Thomas Hobbes (1588–1679) vertreten. Der französische Materialismus basiert auf der Geschlossenheitstheorie; weder die Differenz- noch die Wechselwirkungstheorie werden ernsthaft erwogen. Ein Repräsentant dieser materialistischen Doktrin ist Julien Offray de La Mettrie.

20 Breidbach (1997), S. 49.

Phrenologie. Er machte 27 „Organe“ im Gehirn dingfest, wobei er auch negativen moralischen Eigenschaften ihren festen Platz zuwies (Zerstörungstrieb, Mordtendenzen, Verschlagenheit, Verheimlichungstrieb).<sup>21</sup> In der Nachfolge Galls untersuchte George Combe (1788–1858) die Schädel von zwei (!) Indianern und generalisierte diese Einzelbefunde zu einer theoretischen Konzeption von Nationaltypen bezüglich Intelligenz und Charakter. Die Norm war dabei der Schädel des „gebildeten“ Europäers. Olaf Breidbach betont, dass die Phrenologie unter dem Anspruch der Wissenschaftlichkeit die Deklassierung nichteuropäischer Völker unterstützte. Aus dieser Deklassierung wurden Konsequenzen für eine „Erziehung“ dieser Völker und für den politischen Umgang mit ihnen abgeleitet. Diese Theorie wurde Jahrzehnte vor Darwin formuliert. Breidbach äußert die Vermutung, dass die Phrenologie pauschale Vorurteile konsolidierte und Denkschablonen etablierte, die möglicherweise zur Rassenlehre und Eugenik prädisponierten.<sup>22</sup>

Die Lokalisationslehre fand ein vorläufiges Ende mit der Äquipotenztheorie, die eine funktionelle Gleichwertigkeit des Großhirns postulierte und eine Lokalisation spezifischer Funktionen ablehnte. Ein wesentlicher Repräsentant der funktionellen Gleichwertigkeit der Hemisphären ist François Xavier Bichat (1771–1802), einer der bedeutendsten Physiologen der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Sein antilokalisatorisches Konzept von der funktionellen Gleichwertigkeit der Großhirnhemisphären wurde aufgegriffen und weiterentwickelt von Pierre Jean Marie Flourens (1794–1867), der die Neurophysiologie der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts entscheidend beeinflusste. Flourens unterschied nur drei Hauptfunktionsareale: (1) die Großhirnhemisphären (Sitz der Empfindungen, des Willens, des Gedächtnisses und des Intellekts), (2) das Kleinhirn (Bewegungskoordination) und (3) die Medulla oblongata (vitale Funktionen wie die Steuerung der Atmung).<sup>23</sup> Während Bichats Annahmen auf morphologischen Befunden beruhen, belegte Flourens seine globalisierende Interpretation der Hirnfunktionen, wonach im Großhirn keine funktionell distinkten Areale existierten, durch Tierexperimente. Hierzu führte er an Versuchstieren (vor allem an Tauben, jedoch auch an Kaninchen, Hunden und Katzen) grausame Läsionsexperimente durch. In seinen Exstirpationsexperimenten entfernte er operativ ausgedehnte Hirnareale und beobachtete die korrespondierenden Funktionsausfälle. Flourens' globalisierende Äquipotenzthese bestimmte die Hirnphysiologie maßgeblich in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Nach Flourens bildet das Großhirn eine undifferenzierte Einheit, ist also in funktioneller Hinsicht als eine weitgehend amorphe Masse anzusehen. Frühere Befunde, die eine funktionelle Lokalisierung nahe legten, wurden ignoriert. So hatte François Pourfour du Petit (1664–1741) bereits 1710 die Kreuzung von Nervenfasern in den Pyramiden nachgewiesen und Evidenz dafür gefunden, dass Willkürbewegungen einer Körperseite unter der Kontrolle der kontralateralen Großhirnhälfte stehen (Prinzip der kontralateralen Innervation).<sup>24</sup> Pourfour du Petits Versuchsbeschreibungen sind detaillierter und präziser als diejenigen von Flourens, wurden jedoch nicht angemessen beachtet, so dass Flourens' Äquipotenztheorie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in der Physiologie im Vordergrund stand.<sup>25</sup>

21 Ebd., S. 73 ff.

22 Ebd., S. 88.

23 Oeser (2002), S. 130 ff., Breidbach (1997), S. 91 ff.

24 Ebd., S. 92 ff. und S. 116, Oeser (2002), S. 72 ff.

25 Breidbach (1997), S. 101. Später versuchte Friedrich Leopold Goltz (1834–1902) durch Ablationsexperimente bei Hunden die Lokalisationstheorie zu widerlegen. Er propagierte eine äquipotentialistische Auffassung des Großhirns, wonach es funktionell nicht kompartimentiert sei. Goltz entwickelte eine Operationsmethode, bei der Hirnareale mit einem Wasserstrahl unterspült und zerstört wurden, wobei das Blutungsrisiko geringer war als bei früheren Exstirpationsexperimenten (Abschneiden oder Auslöfen von Hirnarealen).

Wichtige Impulse in Richtung einer cerebralen Lokalisationstheorie kamen nicht aus der experimentellen Physiologie, sondern aus der Klinik. Neurologische Herdsymptome, die auf umschriebenen Läsionen beruhten, waren mit einem globalisierenden Konzept der Hirnfunktion, wie es von Flourens vertreten wurde, nicht vereinbar. Trotz des Verdikts von Flourens fanden Galls Überlegungen zur cerebralen Lokalisation bei Klinikern Resonanz. Insgesamt zeigte sich die klinische Forschung wenig von Flourens' Äquipotenztheorie beeindruckt, da sie der klinischen Erfahrung widersprach. Jean Baptiste Bouillard (1796–1881) betrachtete neurologische Funktionsausfälle (Herdsymptome als Resultat einer neurologischen Erkrankung) als „natürliche Vivisektionen“.<sup>26</sup> Entscheidende Impulse bekam die cerebrale Lokalisationslehre durch die Lokalisation der motorischen Aphasie<sup>27</sup> im Gyrus frontalis inferior der dominanten Hemisphäre 1861 durch den Chirurgen Paul Broca (1824–1880). Die Entdeckung des sensorischen Sprachzentrums durch Theodor Meynert (1866) und Carl Wernicke (1874) waren wichtige Schritte in Richtung einer funktionellen Lokalisation. Ein wichtiges Krankheitsbild und ein Modell für eine körperlich begründbare psychische Störung wurde die „Krankheit des 19. Jahrhunderts“, die Progressive Paralyse (Neurosyphilis), an der gegen Ende des 19. Jahrhunderts ein Fünftel der Anstaltspatienten litten.<sup>28</sup> Die Progressive Paralyse stellte im 19. Jahrhundert ein nosologisches Modell dar, da hier psychische Auffälligkeiten (Demenz, Persönlichkeitsänderung und Verhaltensauffälligkeiten) auf ein organisches Korrelat zurückgeführt werden konnten.<sup>29</sup> Wichtige Arbeiten zur Korrelation zwischen neuropathologischem und psychopathologischem Befund leisteten Arnold Pick (1851–1924) und Alois Alzheimer (1864–1915) in der Demenzforschung. Die Hirnforschung profitierte nicht nur von neurologischen Systemerkrankungen oder Infektionen, die Bouillard und Jackson als „natürliche Vivisektionen“ ansahen, sondern auch von der Neurotraumatologie. Hier spielen Kriegsverletzungen eine entscheidende Rolle, zunächst Stichverletzungen, später Kopfschüsse und Granatsplitterverletzungen. Ein Arbeitsunfall am 13.9.1848 führte zur klassischen Kasuistik eines Frontalhirnsyndrom mit konsekutiver Persönlichkeitsveränderung. Der Eisenbahnarbeiter Phineas Gage erlitt bei einer Explosion eine penetrierende Frontalhirnverletzung, die zu einer posttraumatischen Persönlichkeitsveränderung führte.<sup>30</sup>

Die innovativen Impulse im Hinblick auf die weitere Konzeption der cerebralen Lokalisationstheorie kamen also aus der Klinik, die experimentelle Physiologie hinkte hinterher. In der Neurophysiologie vollzog sich der Paradigmenwechsel hin zu einer cerebralen Lokalisationstheorie erst mit den 1870 publizierten Hirnreizexperimenten von Gustav Fritsch (1838–1927) und Eduard Hitzig (1838–1907). Durch elektrische Reizung des motorischen Cortexes bei Hunden konnten sie die Existenz von motorischen Zentren nachweisen. Die Fortschritte der Zytologie und Histologie und insbesondere die Entwicklung von Färbetechniken zwischen 1870 und 1880 führten gegen Ende des 19. Jahrhunderts zur Formulierung der Neuronentheorie und zum Konzept der Synapse. Einen wichtigen Beitrag leistete der spanische Histologe Santiago Ramón y Cajal (1852–1934), der 1906 den Nobelpreis erhielt. Es dauerte jedoch bis zum Beginn der

26 Breidbach (1997), S. 118. Analog bezeichnete John Hughlings Jackson (1835–1911), der wesentliche Beiträge zur funktionellen Asymmetrie der Großhirnhemisphären und zur Dominanz der linken Hemisphäre geleistet hat, epileptische Anfälle als „experiments of the brain made by disease“ (ebd., S. 134).

27 Broca nannte die gestörte Sprachproduktion bei erhaltenem Sprachverständnis „Aphemie“; der Begriff „Aphasie“ wurde von Armand Trousseau (1801–1867) eingeführt (Oeser [2002], S. 159, Breidbach [1997], S. 127).

28 Schott/Tölle (2006), S. 80 ff.

29 Der Erreger (*Treponema pallidum*) konnte erst 1905 mikrobiologisch nachgewiesen werden (Fritz Schaudin und Erich Hoffmann). Der Nachweis von *Treponema pallidum* im Gehirn und Liquor gelang erst 1913 (Hideyo Noguchi).

30 Damasio (1999); Ratiu et al. (2004).

1950er Jahre, bis die Neuronentheorie weitgehend akzeptiert war.<sup>31</sup> Die Fortschritte der mikroskopischen Neuroanatomie erlaubten Korbinian Brodmann (1868–1928) und Constantin von Economo (1876–1931) eine zytoarchitektonische Kartierung des Cortex (1906). Aufgrund von elektrischen Reizexperimenten bei Operationen von Epileptikern konnten Wilder Penfield (1891–1975) und Theodore Rasmussen 1952 den sensomotorischen „Homunculus“ beschreiben.<sup>32</sup> Eine übertriebene, neophrenologisch anmutende Hirnkarte umschrieb lokalisierte Funktionen auf zytoarchitektonischer Grundlage entwickelte der Frankfurter Neurologe Karl Kleist (1879–1960).<sup>33</sup>

Anfang des 20. Jahrhunderts suchte man nach Alternativen zu einer corticalen Lokalisationstheorie.<sup>34</sup> Es wurde eine holistische Alternative formuliert. Die alten Äquipotenztheorien (Bichat, Flourens) erlebten eine Renaissance.<sup>35</sup> Der britische Neurologe Henry Head (1861–1940) und Kurt Goldstein (1878–1965) äußerten Zweifel, dass das strikte Lokalisationsprinzip tauglich sei zur Beschreibung komplexer psychischer Phänomene. Neoäquipotenzialistische Auffassungen von Karl Lashley (1890–1958) konnten Raum gewinnen. Nicht einzelne umschriebene Areale, sondern die Hirnmasse sei entscheidend für mentale Phänomene.<sup>36</sup> Spätere Modelle rückten den Prozesscharakter in den Vordergrund. Die Theorie der neuronalen Netze begreift das Gehirn als ein komplex interagierendes System. Zentral für das Konzept der neuronalen Netze, das erst durch die Vermittlung der Informatik Fuß fasste, ist Donald Hebb (1904–1985) Modell. Nervenzellen sind demnach zu Verbänden zusammengefasst. Die Vorgänge in realen neuronalen Netzen werden am ehesten durch hochgradig parallelverarbeitende Rechner simuliert.<sup>37</sup> Breidbach und Oser weisen darauf hin, dass das Konzept der hochparallelen Organisation des neuronalen Gewebes sich bereits ins 19. Jahrhundert zurückverfolgen lässt.<sup>38</sup> Der Wiener Physiologe Sigmund Exner (1846–1926) formulierte bereits 1894, also mehr als ein halbes Jahrhundert vor Hebb, ein Schema neuronaler Verschaltungen, das den modernen Konzepten neuronaler Netze sehr ähnlich ist. Exner nahm das Hebbische Modell und auch die Grundideen der derzeitigen kognitiven Neurowissenschaften durch seine erste explizite Darstellung eines neuronalen Netzes in nahezu allen Punkten vorweg. Die Konzeption Exners scheint in direkter Linie zu den modernen Theorien der Neurowissenschaften zu führen. Dies trifft jedoch nicht zu, da die Wissenschaftsgeschichte einen Bruch des Diskurses zeigt und Hebb mit seinem Modell noch einmal neu ansetzte.<sup>39</sup> Olaf Breidbach fragt: „Was bedeutet es für eine moderne Neurowissenschaft, wenn sie sich bewußt wird, mit den neuronalen Netzen nur mehr eine psychologische Theorie vom Anfang des 19. Jahrhunderts zu explizieren?“<sup>40</sup>

31 Breidbach (1997), S. 198.

32 Ebd., S. 308–318.

33 „Kleist’s localisation of functions in the cerebral cortex is almost as fanciful and exotic as the early phrenological cartographies.“ Kotowicz (2005), S. 84. Kleist ist besser bekannt für das Konzept der cycloiden Psychosen (Wernicke-Kleist-Leonhard-Schule).

34 Harrington (1989).

35 Oser (2002), S. 235–237, Breidbach (1997), S. 297–346.

36 Ebd., S. 297. Siehe auch Tizard (1959).

37 Breidbach (1997), S. 25.

38 Ebd., S. 22–37, Oser (2002), S. 240 ff.

39 Breidbach (1997), S. 33.

40 Ebd., S. 37.

### 3 Neuroimaging – medizinethische Implikationen

Die modernen bildgebenden Verfahren und insbesondere die funktionelle Bildgebung haben das Interesse an cerebraler Lokalisation neu belebt. Nachdem im vorigen Kapitel die Geschichte der cerebralen Lokalisationstheorien skizziert wurde, sollen nun die medizinethischen Implikationen der Neuroimaging-Verfahren betrachtet werden. Bei den ethischen Fragen im Zusammenhang mit den modernen Neuroimaging-Verfahren ist es sinnvoll, zwischen diagnostischen und prädiktiven Zwecken zu unterscheiden. Das Hauptziel der bildgebenden Verfahren besteht heute in der Diagnostik. Es geht darum, eine klinische Verdachtsdiagnose neuroradiologisch zu bestätigen oder auszuschließen. In Zukunft ist zu erwarten, dass durch technische Fortschritte auch subtil gestörte Funktionsabläufe hochauflösend darstellbar sein werden. Dadurch könnten Subgruppen von Patienten aufgrund bildgebender Verfahren definiert werden, die beispielsweise auf bestimmte Therapien besonders gut ansprechen oder bei denen eine bestimmte Therapieoption von vornherein aussichtslos erscheint. Dadurch wäre eine individuell maßgeschneiderte Therapie möglich. Ein prädiktives Potential der modernen bildgebenden Verfahren könnte darin liegen, dass Hochrisiko-Patienten detektiert werden können, die (noch) keine Krankheitssymptome aufweisen. So könnten sich frühe morphologische Alterationen bei der Schizophrenie und der Alzheimer-Demenz darstellen lassen, lange bevor sich entsprechende psychopathologische Symptome manifestieren. Im Fall der Schizophrenie könnten dann frühe Interventionsstrategien entwickelt werden, beispielsweise ein frühzeitiger Einsatz einer antipsychotischen Medikation. Dadurch ließen sich möglicherweise irreversible Negativsymptome vermeiden, welche die Prognose der Erkrankung wesentlich bestimmen. Der Nachteil wäre darin zu sehen, dass Menschen mit Psychopharmaka behandelt und dem Risiko unerwünschter Wirkungen ausgesetzt würden, die trotz der morphologischen Auffälligkeiten vielleicht nie erkranken würden. Im Fall einer heute unheilbaren und chronisch-progredienten Erkrankung wie Alzheimer wäre der Nachweis eines erhöhten Erkrankungsrisikos (ähnlich wie bei der Chorea Huntington) mit besonderen ethischen Problemen verknüpft, da hier im Unterschied zu Psychosen aus dem schizophrenen Formenkreis weniger wirksame Therapien zur Verfügung stehen. Allerdings ließe sich durch den frühzeitigen Einsatz von Antidementiva die Progression der Demenz möglicherweise verzögern. Der Nachweis einer Krankheitsdisposition bei asymptomatischen „Patienten“ birgt zudem ein Missbrauchspotential, da potentielle Arbeitgeber oder Versicherungen bei Bekanntwerden einer derartigen Krankheitsdisposition diskriminierend reagieren könnten.<sup>41</sup> Wichtig ist, dass Teilnehmer

41 Der Nationale Ethikrat hält in seiner Stellungnahme vom 16.8.2005 ([www.ethikrat.org](http://www.ethikrat.org)) prädiktive genetische Untersuchungen bei privatrechtlichen Arbeitsverhältnissen sowie im öffentlichen Dienst (Angestellte) für nicht relevant, da es bei derartigen Einstellungsuntersuchungen lediglich um die Frage gehen sollte, ob mit überwiegender Wahrscheinlichkeit innerhalb der üblichen Probezeit von sechs Monaten erhebliche Auswirkungen auf die Arbeitsfähigkeit zu erwarten sind. Dies wäre selbst beim Nachweis der typischen Genveränderung für Chorea Huntington nicht zu bejahen. Anders verhält es sich jedoch bei einer Verbeamtung auf Lebenszeit, da hier der Dienstherr keine Möglichkeit der krankheitsbedingten Kündigung hat und damit ein Versorgungsrisiko trägt. Daher steht hier die Langzeitprognose im Hinblick auf den Eintritt vorzeitiger Dienstunfähigkeit im Zentrum. Hier empfiehlt der nationale Ethikrat, prädiktive und prognostische Gesundheitsinformationen nur dann zu erfragen/verwerten, wenn sie Krankheiten bzw. Krankheitsanlagen betreffen, die sich mit mehr als 50 % Wahrscheinlichkeit in den nächsten fünf Jahren in nicht unerheblichem Ausmaß auf den Gesundheitszustand des Bewerbers auswirken werden. Der Europarat („Übereinkommen über Menschenrechte und Biomedizin“, 4.4.1997) hat sich dezidiert gegen eine Verwendung prädiktiver Tests innerhalb von Arbeits- und Versicherungsverhältnissen ausgesprochen. Die Bundesärztekammer verabschiedete am 14.2.2003 „Richtlinien zur prädiktiven genetischen Diagnostik“ (veröffentlicht im Deutschen Ärzteblatt am 9.5.2003, Jg. 100, Heft 19, S. A1297-A1305). Darin wird festgestellt, dass ein (zukünftiger) Arbeitnehmer nicht in genetische Analysen einwilligen und auch nicht bereits gestellte Diagnosen offenbaren muss. Diese Stellungnahme gilt als verbindlich bis zum Erlass eines Gendiagnostikgesetzes. Zum geplanten Gendiagnostikgesetz siehe Hasskarl/Ostertag (2005).



an einer Neuroimaging-Studie (Kontrollgruppe) die Möglichkeit haben sollten, über „zufällige“ Befunde nicht informiert zu werden (Recht auf Nichtwissen).

Ein medizinisches Problem technisch ausgereifterer Verfahren ist darin zu sehen, dass mentale Prozesse objektiv bildlich darstellbar werden könnten. Damit wären intime psychische Prozesse nicht mehr nur introspektiv erfahrbar, sondern auch für andere zugänglich. Durch die neueren bildgebenden Verfahren könnten die Ich-Umwelt-Grenzen auf unkontrollierbare Weise durchlässig werden; ein „Einstieg ins fremde Bewusstsein“ und in die Privatsphäre könnten möglich werden. Prinzipiell erscheint es nicht unmöglich, mentale Zustände oder Dispositionen von Individuen in Zukunft abbilden zu können. Dadurch könnte man möglicherweise die sexuelle Orientierung/Identität, soziale Einstellungen zu anderen Bevölkerungsgruppen, rassistische Vorurteile, Persönlichkeitseigenschaften wie Impulsivität und Aggressivität, soziale Verträglichkeit oder eine Suchtdisposition erfassen. Dies wäre prinzipiell auch ohne Einverständnis der betroffenen Person möglich. Individuelle persönliche Eigenschaften, Einstellungen und Charakterdispositionen wären damit für andere verfügbar und könnten von Versicherungen oder zu Werbezwecken missbraucht werden. In Zukunft könnte Neuroimaging auch zur neurobiologischen „Objektivierung“ von Marketingstrategien vermehrt eingesetzt werden (Neuroökonomie/Neuromarketing). Durch Messung der Aktivität im limbischen System als Reaktion auf ein bestimmtes Produkt hätte man einen „objektiven“ Parameter für unbewusste Kaufwünsche bzw. die Attraktivität eines Produktes oder einer bestimmten Werbestrategie.<sup>42</sup> Auch Lügendetektoren auf der Grundlage von fMRI sind in der Entwicklung (brain-based lie detection), die ein sog. guilty knowledge bildlich darstellbar machen.<sup>43</sup> Ein „brain fingerprinting“ könnte eingesetzt werden zum Screening auf (potentielle) Terroristen.<sup>44</sup> Ein Gehirnscreening (brainotyping) könnte bei Einstellungsuntersuchungen oder vor Abschluss einer Versicherung verlangt werden, um sozial erwünschtes Verhalten bzw. Krankheitsdispositionen zu erfassen. Wenn sich eine Disposition zu dissozialem und delinquentem Verhalten darstellen ließe, könnten möglicherweise frühzeitige Interventionsstrategien eingeleitet werden. Der Nachweis eines organischen Korrelats könnte Auswirkungen auf die Frage der Schuldfähigkeit haben.<sup>45</sup> Beispielsweise ließe sich ein präfrontales Defizit nachweisen, das mit einer verminderten Kontrolle aggressiver Impulse einhergeht.

Diesen Zukunftsszenarien sind derzeit aber methodisch-technische Grenzen gesetzt. Reliable Aussagen sind derzeit nur in Bezug auf eine mehr oder weniger homogene Gruppe von Probanden möglich. Individuelle Aussagen oder gar Prognosen über mentale Zustände, Persönlichkeitseigenschaften, Einstellungen und Haltungen sind auf der Basis der funktionellen Bildgebung (noch?) nicht möglich; allerdings ist das Anwendungs- und Missbrauchspotential dieser Methoden derzeit unüberschaubar. Aussagen auf individueller Ebene erscheinen nicht prinzipiell unmöglich. Die Validität der Verfahren ist allerdings fraglich; folgenschwere Fehlinterpretationen sind nicht ausgeschlossen. Möglichen positiven Optionen (Ermöglichung von Frühintervention und Prophylaxe) steht die Gefahr von Diskriminierung und Stigmatisierung gegenüber. Außerdem ist das Recht auf informationelle Selbstbestimmung gefährdet.

Neben diesen ethischen Aspekten bergen die neueren bildgebenden Verfahren medizintheoretisch auch die Gefahr eines „Neurorealismus“. Die Aussagekraft der Befunde

42 Vgl. Steinmetzer/Müller (2007).

43 Vgl. Mohamed et al. (2006).

44 Farah (2005). Die US-amerikanische Firma Brain Fingerprinting Laboratories wirbt mit dem potenziellen Einsatz von Brain Fingerprinting zur Terrorismusbekämpfung. Unter der Rubrik „Counterterrorism Applications“ ([www.brainwavescience.com/counterterrorism.php](http://www.brainwavescience.com/counterterrorism.php) [21.8.2006]) heißt es vollmundig: „Brain Fingerprinting technology can determine the presence or absence of specific information, such as terrorist training and associations.“

45 Glannon (2006).

wird leicht überstrapaziert, die Ergebnisse werden nicht selten vorschnell unkritisch überinterpretiert. Die vielfach populistisch zu Markte getragenen bunten Bilder gaukeln eine illusionäre Exaktheit und Pseudo-Objektivität vor. Es besteht die Gefahr einer reduktionistischen Interpretation. Die funktionelle Relevanz eines Befundes ist oft unklar. Matthis Synofzik sieht eine weitere Gefahr darin, dass die Popularität der bildgebenden Verfahren im Wissenschaftsbetrieb zu einer Dominanz dieser Verfahren führt, die nicht neurowissenschaftlich zu begründen ist. Die „Drittmittel einwerbende Kraft“ der bunten Bilder, ihre scheinbare ethische „Reinheit“ (nichtinvasiv, keine Tierexperimente) führe zu einer „neophrenologischen“ Attraktivität. Dabei könne der populäre Faszinationsgehalt die wissenschaftliche Aussagekraft übersteigen.<sup>46</sup>

## 4 Invasive Interventionen am Gehirn: Psychochirurgie und Neurostimulation

### 4.1 Psychochirurgie

Psychochirurgische Interventionen basieren auf dem theoretischen Konzept der cerebralen Lokalisation, dessen Geschichte in Kapitel 2.2 skizziert wurde.<sup>47</sup> Als Psychochirurgie bezeichnet man neurochirurgische Verfahren, die darauf abzielen, psychische Störungen zu beeinflussen.<sup>48</sup> Bei diesen operativen Verfahren handelt es sich um ablativ/destruierende Eingriffe in gesundes Gehirngewebe, das keine fassbaren morphologischen Alterationen aufweist. Beispiele für psychochirurgisch behandelte psychiatrische Krankheitsbilder sind schwere „therapieresistente“ Zwangsstörungen, Depressionen und Angststörungen sowie Psychosen aus dem schizophrenen Formenkreis. Die Bezeichnung „Psychochirurgie“ geht zurück auf den portugiesischen Neurologen Egas Moniz (1874–1955), den Entdecker der cerebralen Angiographie. Für die präfrontale Leukotomie erhielt er 1949 den Nobelpreis für Medizin.<sup>49</sup> Die ersten Leukotomien wurden von dem Neurochirurgen Almeida Lima unter Anleitung von Moniz mittels Injektion von Alkohol in die weiße Substanz des präfrontalen Cortex (Centrum ovale) durchgeführt. Später wurden die Läsionen der weißen Substanz mechanisch vorgenommen mittels eines Leukotoms. Hierbei handelt es sich um eine Kanüle mit einer ausfahrbaren Drahtschlinge. Durch Rotation der Drahtschlinge wurde ein Teil der weißen Substanz zerstört. Über Bohrlöcher wurden mit diesem Gerät bilaterale frontale Läsionen verursacht, die hinsichtlich Lokalisation und Ausdehnung – wie später autoptisch nachgewiesen wurde – sehr heterogen waren.<sup>50</sup>

Die ersten psychochirurgischen Eingriffe führte allerdings nicht das Team um Moniz, sondern der schweizerische Psychiater Gottlieb Burckhardt (1836–1907) bereits zwischen 1888 und 1890 durch.<sup>51</sup> Die Kasuistiken publizierte er 1891 unter dem Titel

46 Synofzik (2005).

47 Kopell/Rezai (2003).

48 NMD: neurosurgery for mental disorders. Vgl. Crossley/Freeman (2003). – Die WHO definierte 1976 Psychochirurgie als „the selective surgical removal or destruction of nerve pathways for the purpose of influencing behavior“ (Feldman/Goodrich [2001], S. 647).

49 Fortner/Groß (2002). Moniz war von 1918 bis 1919 als Außenminister Portugals tätig. Für die von ihm entwickelte Methode der cerebralen Angiographie wurde Moniz zweimal (1927/28 und 1932/33) für den Nobelpreis nominiert. Hans Christian Jacobaeus (1879–1937) votierte gegen die Verleihung des Preises an Moniz. Vgl. Ligon (1998).

50 Ebd., S. 154.

51 Burckhardt führte die Operationen selbst durch, obwohl er keine chirurgische Erfahrung hatte. Zudem stand ihm nur ein kleiner und primitiv ausgestatteter Operationsraum zur Verfügung. Diese ersten psychochirurgischen Eingriffe wurden