

**OSTWALDS KLASSIKER  
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN  
Band 285**

---

**Entwurf zu einer  
physiologischen Erklärung  
der  
psychischen  
Erscheinungen**

**von  
Sigmund Exner**

---

**Verlag Harri Deutsch**

**OSTWALDS KLASSIKER  
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN  
Band 285**

**OSTWALDS KLASSIKER  
DER EXAKTEN WISSENSCHAFTEN  
Band 285**

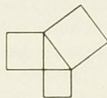
**Entwurf zu einer physiologischen Erklärung  
der  
psychischen Erscheinungen**

(1894)

von  
**Sigmund Exner**

o.ö. Professor der Physiologie und  
wirkl. Mitglied der Kais. Akademie der Wissenschaften zu Wien.

**Einführung**  
von  
**Olaf Breidbach**



**Verlag Harri Deutsch**

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

**Exner, Sigmund:**

Entwurf zu einer physiologischen Erklärung der psychischen  
Erscheinungen (1894) / von Sigmund Exner. Einf. von Olaf

Breidbach. - Thun ; Frankfurt am Main : Deutsch, 1999

(Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften ; Bd. 285)

ISBN 3-8171-3285-9

**ISBN 3-8171-3285-9**

Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne  
Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für  
Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung  
und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Der Inhalt des Werkes wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren,  
Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und  
Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Die Druckvorlage wurde freundlicherweise von der Thüringer Universitäts- und  
Landesbibliothek Jena zur Verfügung gestellt.

© Verlag Harri Deutsch, Thun und Frankfurt am Main, 1999

1. Auflage 1999

Druck: Rosch - Buch Druckerei GmbH, Scheßlitz

Printed in Germany



# Inhalt

Neuronale Netze, Bewußtseinstheorie und vergleichende Physiologie  
Zu Sigmund Exners Konzept einer physiologischen Erklärung der  
psychologischen Erscheinungen

von Olaf Breidbach . . . . . I

Einleitung . . . . . 1

## I. Capitel.

Anatomische Vorbemerkungen . . . . . 5

1. Das Rückenmark . . . . . 6

2. Der Hirnstamm . . . . . 12

3. Die Grosshirnrinde und ihre Verbindungen . . . . . 26

## II. Capitel

Die physiologischen Grundphänomene . . . . . 37

1. Die Leitung der Erregung im Nerven . . . . . 37

2. Der centrale Umsatz . . . . . 41

α) Die Reflexbewegung . . . . . 44

a) Die Reflexzeit . . . . . 45

b) Die Summation der Reize . . . . . 49

c) Der Reflex als Auslösungsprocess . . . . . 51

d) Theorie der Leitung in der grauen Substanz . . . . . 53

e) Die grauen Kerne . . . . . 60

β) Die Mitempfindungen . . . . . 66

3. Die centrale Hemmung und Bahnung . . . . . 69

α) Hemmung motorischer Impulse . . . . . 69

β) Hemmung sensorischer Impulse . . . . . 71

γ) Die Bahnung . . . . . 76

4. Wechselwirkung der Erregungen in der grauen Substanz . . . . . 82

α) Die tetanische Reflexaction . . . . . 93

β) Vereinigung des Schemas für den Sprung

mit dem der tetanischen Reflexaction . . . . . 99

γ) Successive Bewegungscombinationen . . . . . 102

5. Die Sensomobilität . . . . . 124

## III. Capitel

Die willkürlichen Bewegungen . . . . . 141

1. Combinationen der willkürlichen Bewegungen . . . . . 142

α) Gemischt-willkürliche Bewegungen . . . . . 142

β) Die rein-willkürlichen Bewegungen . . . . . 146

2. Der zeitliche Verlauf der willkürlichen Bewegungen . . . . . 155

## IV. Capitel.

Die Aufmerksamkeit . . . . . 163

## V. Capitel

Die Empfindungen . . . . .	172
1. Vorbemerkungen . . . . .	172
2. Primäre und secundäre Empfindungen . . . . .	179
$\alpha$ ) Die örtlich secundären Empfindungen . . . . .	181
$\beta$ ) Die zeitlich secundären Empfindungen . . . . .	185
$\gamma$ ) Die zeitlich und örtlich secundären Empfindungen . . . . .	190
3. Die Gefühle . . . . .	202
Lust- und Unlustgefühle . . . . .	205
4. Die Bewegungscombinationen und secundären Empfindungen in ihrer Beziehung zur Vererbung . . . . .	216

## VI. Capitel

Die Wahrnehmungen . . . . .	224
1. Die Erregungen im Organe des Bewusstseins . . . . .	225
2. Die primären Wahrnehmungen . . . . .	233
3. Die secundären Wahrnehmungen . . . . .	235
$\alpha$ ) Die Localeindrücke . . . . .	235
$\beta$ ) Das Princip des Wiedererkennens . . . . .	239
$\gamma$ ) Die Localzeichen . . . . .	243

## VII. Capitel

Die Vorstellungen . . . . .	268
1. Das Bewusstsein . . . . .	274
2. Die Vorstellungen in ihren Beziehungen zu den willkürlichen Bewegungen . . . . .	280
3. Die Vorstellungen in ihren Beziehungen zu Empfindungen und Wahrnehmungen . . . . .	285
4. Beziehungen der Vorstellungen zu einander . . . . .	292
5. Das Wachrufen der Vorstellungen durch Worte und der Effect des Nacheinander von Empfindungen überhaupt . . . . .	305

## VIII. Capitel.

Die Erscheinungen der Intelligenz . . . . .	315
1. Die Denkformen . . . . .	315
$\alpha$ ) Begriff, Urtheil, Schluss . . . . .	315
$\beta$ ) Das Nachdenken und der Entschluss . . . . .	323
2. Die Instinctgefühle und das Denken . . . . .	332
$\alpha$ ) Die Instincte . . . . .	333
$\beta$ ) Die Instinctgefühle zum Schutze des Individuums . . . . .	337
$\gamma$ ) Die Instinctgefühle zum Vortheile der directen Nachkommenschaft . . . . .	342
$\delta$ ) Die Instinctgefühle zum Schutze der Societät . . . . .	346
3. Das causale Denken und der freie Wille . . . . .	362

**Neuronale Netze,  
Bewußtseinstheorie und vergleichende Physiologie  
- Zu Sigmund Exners Konzept einer physiologischen Erklärung  
der psychologischen Erscheinungen**

Olaf Breidbach, EHH, Jena

**Inhalt**

- I. Hirn und Bewußtsein - Hirnbewußtsein?
- II. Hirnphysiologie vor 1900
- III. Hirnstruktur und Hirnfunktionen
- IV. Kognition und Neuronale Netze
- V. Zielsetzung und Argumentationsmuster von Exners Schrift
- VI. Physiologische Psychologie?
- VII. Natur-Wissenschaftslehren
- VIII. Biographische Bemerkungen zu S. Exner
- IX. Noch einmal: physiologische Erklärungsmuster

**I. Hirn und Bewußtsein - Hirnbewußtsein?**

1894 publizierte der Wiener Physiologe Sigmund Exner (1846-1926) seinen „Entwurf zu einer physiologischen Erklärung der psychischen Erscheinungen“.<sup>1</sup> Die Arbeit enthält die erste Darstellung eines Neuronalen Netzes und formuliert das Grundkonzept lokaler Lernregeln in parallelverarbeitenden Nervennetzen.

---

1. Exner, S. (1894) Entwurf zu einer physiologischen Erklärung der psychischen Erscheinungen. Leipzig & Wien.



Dies allein wäre zureichend, die Lektüre des hier neu vorgelegten Werkes lohnend zu machen. Zudem sind die erwähnten Konzepte auch in einen weiter ausgreifenden Entwurf einer kognitiv ausgerichteten neurophysiologischen Darstellung eingebunden.

Es mag zunächst überraschen, ein Werk mit einem derartigen Titel nicht Ende des 20., sondern schon Ende des 19. Jahrhunderts publiziert zu wissen. Verwundern muß dies insbesondere in einer näheren Inblicknahme der Arbeit von Exner. Sein Werk ist eine konzise, konzeptionell ausgerichtete Darstellung eines neurophysiologischen Beschreibungsansatzes zur Erklärung der kognitiven Verhaltensmuster. Exner begreift das Gehirn dabei als ein Geflecht sich überlagernder Nervenfasern. In diesem Gefüge wird - so Exner - eine über die sensorischen Organe vermittelte Abbildung der Außenwelt eines Organismus verarbeitet. Die Regeln, nach denen diese Verarbeitung erfolgt, entsprechen den Mechanismen, die schon James Mill (1773-1836) zu Beginn des 19. Jahrhunderts postuliert hatte.<sup>2</sup> Das Nervengewebe ist demnach ein System von Erregungseinheiten, in dem sich verschiedene Erregungsmuster nach Maßgabe der Verknüpfungsstruktur der Verarbeitungseinheiten im Hirn verrechnen.

Bei Exner ist die entsprechende Vorstellung konkretisiert. Die Erregungsgrundstrukturen sind die Nervenzellen; deren Verknüpfung definiert die ihnen möglichen Verarbeitungsmuster. Die bei Mill noch abstrakt beschriebenen erregungsinduzierten Oszillationen eines nicht näher charakterisierten Trägers im Nervengewebe, sind bei Exner an die Verknüpfungsbahnen der Neuronen gebunden. Das Modell einer entsprechenden Operation ist für ihn schon 1894 - wie erwähnt - das eines Neuronalen Netzes. Ihm zufolge sind die Nervenfasern im Bereich der Reizeingangsbereiche so verschaltet, daß sich verschiedene Erregungsbahnen mit

---

2. Mill, J. (1869) *Analysis of the Phenomena of the Human Mind*. London; zum Problemkontext vergl. Breidbach, O. (1996) *Vernetzungen und Verortungen. Bemerkungen zur Geschichte des Konzepts neuronaler Repräsentation*. In: Ziemke, A., Breidbach, O. (1996) *Repräsentationismus - was sonst?* Braunschweig & Wiesbaden: 35-62.



parallel geschalteten Neuronen netzartig überlagern. D.h., die beiden sich durchkreuzenden Nervenbahnen bilden ein komplexes Gefüge von Verbindungen aus, so daß eine Faser des Eingangsbereiches  $X$  sich mit mehreren Fasern des Eingangsbereichs  $Y$  verkoppelt. Entsprechend kompliziert sind dann die möglichen Verknüpfungsfunktionen. Exner zufolge sind die einzelnen Verknüpfungsknoten - die Synapsen - des Netzes erfahrungsbedingt modifiziert. Eine Verknüpfung  $v$  wird genau dann verdichtet, wenn auf ein schon erregtes Neuron mit seinen Verknüpfungsknoten  $a-n$  ein zweites erregendes Neuron trifft. Wobei sich dieses in  $v$  mit dem ersten Neuron verschaltet und  $v \in \{a-n\}$  ist. Damit formulierte Exner schon 1894 die Grundzüge der späteren Hebb'schen Lernregeln, d.h. bevor die Neurophysiologie die Reaktionsmuster der Nervenzellen entschlüsselte, und die Idee einer synaptischen Verschaltung der Einzelneuronen noch bloßes Postulat war. Mehr als fünfzig Jahre später wurde diese Regel zum Grundansatz einer Modellierung von künstlicher Intelligenz und zu einem der zentralen Vorstellungsmuster für die Analyse der Physiologie von Gedächtnisformierungen im Hirn.<sup>3</sup>

Nun ist der Befund dieser Analogie in den Aussagen einer historisch verorteten und einer in der Moderne effizienten Theorie zunächst nicht mehr als eine ggf. verwundernde Erzählung. Diese Analogie hat allerdings keineswegs nur anekdotischen Wert. Sie demonstriert - wie noch darzustellen ist - ein fundamentales Problem, auch der modernen Neurowissenschaft, was - über die Bedeutung des hier publizierten Textes in der Wissenschafts- und Kulturgeschichte des ausgehenden 19. Jahrhunderts hinaus - eine Beschäftigung mit dem vorliegenden Text sinnvoll macht.

---

3. Für den Gesamtkontext vergl. Breidbach, O. (1997) Die Materialisierung des Ichs. Zur Geschichte der Hirnforschung im 19. und 20. Jahrhundert. Frankfurt.

## II. Hirnphysiologie vor 1900

In seiner historischen Position ist Exners Text sowohl in seiner konzisen Systematisierung als auch durch die Bedeutung seines Autors singulär. Er steht allerdings - und dies ist ein zweites wichtiges Motiv für diese Neuauflage - keineswegs isoliert. In seinem Grundansatz aber auch in dem Stil und dem für eine physiologische Abhandlung sehr weit gefaßten Anspruch seiner Darstellung, der Erklärung psychologischer Phänomene, repräsentiert Exner den Anspruch und das Vermögen einer Neurowissenschaft kurz vor der Jahrhundertwende.<sup>4</sup> Die Neurowissenschaft, die als experimentelle Disziplin erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts entstanden ist und sich ihren Weg zu einer mehr oder minder geschlossenen Vorstellung ihres Experimentalansatzes zunächst sehr mühsam erarbeiten mußte, ist eine vergleichsweise junge Disziplin. Erst Ende der 60er Jahre des 19. Jahrhunderts wurde, durch die Arbeiten an Patienten mit einer gestörten Sprachproduktion, das in den 20er Jahren von dem französischen Physiologen P. Flourens (1794-1867) tabuisierte Modell einer Lokalisation von Funktionseinheiten, die zur Produktion kognitiver Verhaltensmuster notwendig sind, wieder aufgenommen. Noch in den 30er Jahren desselben Jahrhunderts waren Vorstellungen zur Organisation eines Reflexes nicht klar; die neuroanatomische Grundlage einer entsprechenden Reflexbahn war verborgen. Entsprechend konnte der bedeutende Physiologe Johannes Müller (1801-1858) in dieser Phase der Wissenschaftsentwicklung die Lehre von einer spezifischen Sinnesenergie vertreten.<sup>5</sup> Dieser Auffassung zufolge sind durch Sinnesorgane induzierte Erregungen im Hirn als solche gekennzeichnet. Das Nervensystem funktionierte demnach nicht in einem Funktions-

---

4. Neben Breidbach, Materialisierung, a.a.O., vergl. Brazier, M. A. B. (1988) *History of Neurophysiology in the 19th Century*. New York. Finger, S. (1994) *Origins of Neuroscience. A History of Explorations into Brain Function*. New York & Oxford.

5. Vergl. Lohff, B. (1990) *Die Suche nach der Wissenschaftlichkeit der Physiologie in der Romantik*. Stuttgart.



grundmodus, vielmehr gäbe es verschiedene Arten von Erregungsqualitäten. Die Qualität eines physikalischen Stimulus wäre somit schon von vorneherein, durch die Art der „Verpackung“ in der diese Erregung im Hirn vermittelt würde, definiert. Die Identifikation einer Stimulusqualität wäre ein Akt einer inneren, physiologisch nachzuzeichnenden Detektionsmechanik, die über den Projektionsbereich einer Nervenbahn und in deren nachfolgender Verrechnung die Qualität eines Reizeinganges bestimmte. Vielmehr wird angenommen, daß die Sinnesreize in den nachgeordneten Bahnen spezifische Kennungen erhielten, die sie schon in der Qualität des Signales als optisch, akustisch oder etwa auch olfaktorisch induzierte Signale kenntlich machten. Wie problematisch eine derartige These ist, die seitens einer physiologischen Interpretation eine entsprechende Reizdetektion nur zusehends nach „innen“ - in „höhere“ Hirnregionen - verlagert und dann spätestens dort in die Schwierigkeiten gerät, denen sie in der Peripherie entgangen ist, muß hier nicht weiter interessieren; es zeigt sich allerdings schon in dieser oberflächigen Skizze, wie verworren die Vorstellungen über eine Funktion des Nervengewebes noch um 1850 waren. Erst in diesem Jahrzehnt wurde auch überhaupt eine Vorstellung vom Grundbau des Nervengewebes formuliert.<sup>6</sup>

Erst 1855 war mit R. L. C. Virchows (1821-1902) Cellularpathologie eine Zellenlehre auch innerhalb der Denkmuster der Physiologen etabliert.<sup>7</sup> Die Identifikation der Grundbaueinheiten des Nervengewebes blieb aber problematisch. Erst 1856 wurden - posthum - die Ergebnisse der anatomisch-histologischen Studien des Neuroanatomen Deiters (1834-1863) veröffentlicht, in denen erstmals der Bau einer Nervenzelle eingehender beschrieben

---

6. Vergl. Young, R. (1970) *Mind, Brain and Adaptation in the Nineteenth Century*.

7. Zum Problemkomplex vergl. Dierig, S. (1993) *Rudolf Virchow und das Nervensystem. Zur Begründung der zellulären Neurobiologie*. In: Florey, E., Breidbach, O. (Hrsg.) *Das Gehirn - Organ der Seele? Zur Ideengeschichte der Neurobiologie*. Berlin: 55-80.



wurde.<sup>8</sup> Mit den Ende der 60er Jahre publizierten Arbeiten des Neuroanatomen Meynert war - auf diesen Vorstellungsmustern aufbauend - ein funktionsanatomisches Modell des Nervengewebes formuliert, das die Aussagen der Assoziationspsychologie eines James Mill und das Konzept einer zellulären Organisation des Nervengewebes verschmolz.<sup>9</sup> Meynerts Vorstellungen zufolge bildete die Verknüpfungsstruktur des Nervengewebes die Strukturen, in dem sich die von Mill postulierten Erregungsüberlagerungen des reizaufnehmenden Gewebes ereigneten. Dabei waren Reizeingabebereiche, Bereiche der Überlagerung von Erregungsmodi und Areale identifiziert, in denen die aus den Reizüberlagerungen ermittelten neuen Schwingungsmuster des Hirngewebes fixiert und damit Gedächtnisspuren angelegt werden konnten. Meynert formulierte insoweit die Grundlage der bei Exner dann knapp 25 Jahre später stärker formalisierten Vorstellungen. Meynerts Ansatz einer funktionsmorphologischen Interpretation des Aufbaus des Hirngewebes wurde insgesamt für die Vorstellungen der Neurowissenschaftler vor der Jahrhundertwende leitend. Die funktionelle Interpretation des Nervengewebes, die Darstellung der Bahncharakteristika der Einzelneuronen und die daheraus abgeleiteten möglichen Funktionskreise in der Organisation des Nervensystems wurden zum Programm einer entsprechenden Darstellung. Anatomen, wie F. C. Kenyon, konnten<sup>10</sup> - ausgehend von diesen Vorstellungsmustern - ein Insekten-

---

8. Deiters, O. F. K. (1865) Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugethiere. Braunschweig.

9. Meynert, T. (1867/68) Der Bau der Grosshirnrinde und seine örtlichen Verschiedenheiten, neben einem pathologisch-anatomischen Corollarium. Vierteljahresschr. Psychiatrie 1(1867): 77-93; 125-217; 1(1868): 381-402; 2(1868): 88-113.

10. Kenyon, F.C. (1896) The brain of the bee. J. Comp. Neurol. 6: 133-210. Kenyon war Insektenneuroanatom, bekannt sind seine Arbeiten zur neuronalen Organisation des Bienenhirnes; ein Überblick über die Entwicklung der Insektenanatomie findet sich in Strausfeld, N. (1976) Atlas of an Insect Brain. Berlin: 3-8.

hirn darstellen, seine neuronalen Elemente anatomisch charakterisieren und dann aus einer Analyse der möglichen Verknüpfungsarchitektur dieses Hirngewebes ein Bild der möglichen Verrechnungsfunktionen eines derartigen Hirnes erarbeiten. Anatomische Studien, wie die des bedeutenden spanischen Neuroanatomen Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) oder auch die Arbeiten des Leeuener Anatomen A. van Gehuchten (1861-1914), folgten diesem Programm, über das sie mit einer sich zusehend verfeinernden anatomisch/histologischen Technik die Reaktionsmuster des Nervengewebes aufzuklären suchten. Hierin stand Exner im „mainstream“ der seinerzeitigen Forschung.

### III. Hirnstruktur und Hirnfunktionen

Die Neuroanatomie, die in der Endphase des 19. Jahrhunderts die konzeptionellen Grundlagen für ein Verständnis der Hirnfunktionen lieferte, wurde im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts doch wieder brüchig. Die durch die Experimente von Neurowissenschaftlern wie Wilhelm His (1831-1904) und August Henri Forel (1848-1931) in den 70er Jahren abgesichert erscheinende Neuronenlehre, derzufolge das Nervensystem aus Nervenzellen besteht, die über bestimmte sehr enge Kontakte miteinander kooperieren können ohne hierbei jedoch fusioniert zu sein, wurde in den letzten Jahren des 19. Jahrhunderts wieder fragwürdig.<sup>11</sup> Der Ansatzpunkt für eine entsprechende Kritik fand sich in einer Diskussion der bisher verwendeten Techniken, denen verfeinert erscheinende histologische Verfahren entgegengesetzt wurden. Das Resultat war, daß das funktionsmorphologische Postulat, auf dem Exner seine Abhandlung aufgebaut hatte, in Frage stand.

---

11. Vergl. Shepherd, G. M. (1991) *Foundations of the Neuron Doctrine*. New York, Oxford; Breidbach, O. (1993) *Nervenzellen oder Nervennetze? Zur Entstehung des Neuronenkonzeptes*. In: Florey, E., Breidbach, O. (Hrsg.) *Das Gehirn - Organ der Seele?* Berlin: 81-126.



Exner war Physiologe. Erst 1870 war mit der Arbeit von G. T. Fritsch (1838-1927) und E. Hitzig (1838-1907) über die elektrische Erregbarkeit des Großhirns der methodische und methodologische Rahmen formuliert, in dem dann eine Hirnphysiologie im Sinne einer direkten Darstellung hirnphysiologischer Eigenschaften möglich wurde.<sup>12</sup> Vorab hatte sich die Elektrophysiologie nur mit der Peripherie, mit der Organisation von Reflexbahnen, der Geschwindigkeit der Nervenleitung oder dem Problem einer Hierarchisierung von Teilfunktionsfolgen beschäftigt. Vor 1870 fehlte damit ein Instrumentarium, mit physiologischen Verfahren überhaupt in das Hirn „hineinzusehen“. P. Broca (1824-1880) - der für die Vorstellungen zur Organisation der Sprachproduktion die Grundlagen erstellte - arbeitete als Pathologe.<sup>13</sup> Er korrelierte den pathologischen Befund mit einer detaillierten Anamnese und gewann von daher Vorstellungen zur Hirnfunktion. Die Physiologie war demgegenüber an der Analyse nicht nur des „ob“, sondern des „wie“ solcher Funktionen interessiert. Dabei waren der physiologischen Technik die Auflösungsmöglichkeiten, die ein Anatom in der Analyse der Struktur des Nervensystems gewinnen konnte, verschlossen. Fritsch und Hitzig transformierten den aus der Analyse der peripheren Reflexfunktionen bekannten Reizapparat und die damit verbundenen Vorstellungen zur Interpretation etwaig gewonnener Daten auf eine Analyse des Zentralhirns. Wichtig waren dabei Erfahrungen aus der Elektrotherapie, die für entsprechend schwache Reizmuster adaptierten Geräte verfügbar machte. Dabei behandelten Fritsch und Hitzig das Hirn in ihrem Versuchsaufbau so, als sei es eine Struktur des peripheren Nervensystems. Sie gingen davon aus, daß auch das Hirn derart gebaut war, daß ein sensorischer Bereich mit einem definierten motorischen Bereich verknüpft war. Sie setzten damit voraus, daß sich - analog zu den Nerven

---

12. Hagner, M. (1994) Lokalisation, Funktion, Cytoarchitektonik. Wege zur Modellierung des Gehirns. In: Hagner, M., Rheinberger, H.-J., Wahrig-Schmidt, B. (Hrsg.) Objekte, Differenzen und Konjunkturen. Experimentalsysteme im historischen Kontext. Berlin: 121-150.

13. Vergl. Schiller, F. (1992) Paul Broca. Explorer of the Brain. Oxford.



der Peripherie - auch hirntern entsprechende Bahnen finden ließen: Durch Reizung eines Hirnbereiches suchten sie, entsprechend bei ihren Versuchstieren, Bewegungsmuster zu induzieren. Die auf solch einen Reiz folgende Verhaltensänderung wurde registriert und als direkte Antwort auf den Reiz interpretiert. Die Beziehung zwischen Reizort und Effektorareal wurde als Reizbahn gedeutet. Über deren etwaige Komplexität konnten dann experimentell: a) durch Vergleich der Effekte mehrerer nebeneinander liegender Reizungen, b) durch Veränderung der Reizintensität, und c) durch Analyse der Stabilität und des Zeitprogrammes einer entsprechenden Reizung Aussagen gewonnen werden. Fritsch und Hitzigs zeigten die zentralen Ergebnisse ihrer Arbeit in einem Schema: An verschiedenen Hunden konnten sie durch Reizung unterschiedlicher Hirnbereiche jeweils analoge Bewegungsmuster induzieren. Entsprechend postulierten sie die Existenz von Zentren, die einzelne - physiologisch näher zu beschreibende - Bewegungsmuster induzierten.

Von dem englischen Physiologen David Ferrier (1843-1928) wurde dieser Ansatz in den 70er Jahren des 19. Jahrhunderts weiter ausgebaut und so auch im anglo-amerikanischen Bereich etabliert.<sup>14</sup> Es kam, wie Dodds in einem seinerzeitigen Review aufwies, zu einem regelrechten Boom einer sich derart reizphysiologisch konstituierenden Hirnphysiologie.<sup>15</sup> Dabei wurden Hirnreizexperimente und pathologische Studien, ggf. auch experimentalmorphologische Studien, in denen die Hirne der Versuchstiere mit zum Teil wenig geschmackvoll erscheinenden Operationstechniken lädiert wurden, kombiniert. Deutlich wird in der Sichtung entsprechender Literatur, daß in diesen frühen Studien die eigentlichen Hirnreizexperimente - nicht zuletzt

---

14. Vergl. Young, R. (1968) *Mind, Brain and Adaptation in the Nineteenth Century. Cerebral Localization and its Biological Context from Gall to Ferrier.* Oxford; Clarke, E., Jacyna, L.S. (1987) *Nineteenth Century Origins of Neuroscientific Concepts.* Berkeley.

15. Dodds, W. J. (1878) On the localisation of the functions of the brain. *J. of Anatomy and Physiology* 12: 340-660.

auch bei den interpretatorischen Problemen mit der seinerzeit noch wenig standardisierten Technik - eine eher untergeordnete Rolle spielten. Der größte Teil der Darstellungen basierte von den 70er bis in die 90er Jahre hinein auf pathologischem Material und Läsionsstudien. Auch deren Resultate wurden nach dem Muster der elektrophysiologischen Studien interpretiert, so daß trotz des numerischen Übergewichts an experimentalmorphologischen Daten die Interpretationsansätze insgesamt den reflexphysiologischen Vorstellungen folgten.

1881 legte auch Sigmund Exner mit seinen „Untersuchungen über Localisation der Funktionen in der Grosshirnrinde des Menschen“ eine in diesem Trend liegende Studie vor.<sup>16</sup> Damit publizierte er eine Darstellung, die sich in der Fraktionierung des Reaktionsraumes Hirn seinerzeit mit am weitesten vorwagte.

Ansatzpunkt für Exner waren Hirnreizexperimente, die detailliert und systematisch große Bereiche des Großhirns elektrophysiologisch zu erfassen suchten. Exner tastete mit seinen Elektroden das Hirn regelrecht ab und registrierte die auf eine Einzelreizung hin ausgelösten Reaktionsfolgen. Auch in dieser Schrift war ein Gutteil der Resultate der Auswertung von Hirnläsionen zu verdanken. Ergebnis der Schrift war die Vorstellung einer kleinparzellierten Darstellung von Hirnfunktionsarealen. Mit der 1894 erscheinenden Arbeit ist das 1881 von Exner vorgelegte Bild einer Raumordnung von Hirnfunktionen nicht vereinbar. Es zeigt denn auch über die Deskription hinausgehend keine Darstellung einer etwaigen Funktionsmorphologie des Hirngewebes. Die Physiologie stand sowohl von ihrem methodischen Ansatz als auch in ihren Ergebnissen zunächst weitgehend unvermittelt neben differenzierteren Darstellungen der potentiellen Funktion etwaiger Verrechnungsstrukturen des Hirnes. Auch darin ist Exner für die frühe elektrophysiologische Darstellung der Hirnfunktion charakteristisch. Damit zeigt sich der Anspruch

---

16. Exner, S. (1881) Untersuchungen über Localisation der Funktionen in der Grosshirnrinde des Menschen. Wien; vergl. Clarke, E., Dewhurst, K. (1972) An Illustrated History of Brain Function. Oxford: 117.

einer derart operierenden Hirnphysiologie, die in dem feinmaschigen Netz ihrer Kartierungen zumindestens der Idee folgte, eine umfassende Erklärung der Hirnfunktionen vorlegen zu können. Um 1900 griff dann der englische Physiologe C. S. Sherrington (1857-1952) noch weiter aus und postulierte - im Rückgriff auf die Anfang des 19. Jahrhunderts laufende Diskussion um eine mögliche hirnphysiologische Interpretation der kognitiven Verhaltensmuster eines Menschen, wie ihn die seinerzeitige Phrenologie formulierte - mit Blick auf die analytischen Möglichkeiten einer reizphysiologischen Charakterisierung etwaiger Lokalisierungen kognitiver Funktionen, eine sich als „Neo-Phrenologie“ verstehende Forschungsrichtung.<sup>17</sup>

Insgesamt zeigten sich Neurophysiologie und Neuroanatomie um 1900 allerdings unvermittelt. Die spezielle Situation der Neuronentheorie, die um 1900 wieder brüchig wurde, hatte zur Folge, daß die um 1890 von dieser Disziplin eingenommene konzeptionelle Führungsrolle zerbrach. Einer auf diesem Vorstellungsansatz aufbauenden funktionsmorphologischen Charakterisierung der Hirnfunktionen war damit ihr Boden entzogen. Versuche, die auf Grund von Vorstellungen über die mögliche Verknüpfung von Einzelneuronen physiologische Darstellungen der Hirnaktivität präzisieren wollten, verloren damit ihre Grundlage. Dies gilt auch für die hier vorgelegte, 1894 publizierte Schrift von Sigmund Exner.

Zwar wurde Exners Schrift auch noch nach 1900 rezipiert<sup>18</sup>, doch blieb sie mit ihrem konsequent funktionsmorphologischen Ansatz zunächst problematisch. Der spanische Neuroanatom Santiago Ramón y Cajal, der vor 1900 seinen Ruhm durch seine dezidierte Beschreibungen der Verknüpfungsarchitekturen von Nervenzellen begründete, publizierte noch 1933 eine umfassende, zusammenfassende Studie, die seine Grundannahme zu

---

17. Vergl. zum Problemkomplex: Breidbach, Materialisierung, a.a.O.

18. So etwa bei Brodmann, K. (1909) Vergleichende Lokalisationslehre der Großhirnrinde. Leipzig.



verteidigen suchte, daß das Nervensystem aus diskret organisierten Zellen besteht.<sup>19</sup>

Die Entwicklung der Neurophysiologie war inzwischen aber über den funktionsmorphologischen Ansatz zur Erfassung der Verrechnungsprozesse des Nervengewebes hinweggegangen. Erst als die Physiologen mit ihren sich zusehends verfeinernden Methoden die Funktion der einzelnen Nervenzellen zu registrieren vermochten, d.h. nach Mitte der 1940er Jahre, gewannen die älteren neuroanatomischen Darstellungen wieder Interesse. Speziell die umfassende neuroanatomische Charakterisierung Cajals wurde in diesem neuen Forschungskontext interessant, ließ sich doch an seinen Illustrationen die vom Physiologen nur über Messungen rekonstruierbare Verknüpfung der Einzelneuronen direkt anschaulich machen. Die Rezeption der nunmehr alten „Neuroanatomie“ vollzog sich unter diesen Prämissen nahezu bruchlos. Die Physiologie konnte nach 1950 an die Ergebnisse und Konzepte, die sie um 1900 verlassen hatte, wieder direkt anknüpfen. So wird denn auch für D. Hebb (1904-1985) in seinem 1949 publizierten Band, über die Organisation des Verhaltens, Cajal die zentrale Referenz für die Begründung seiner funktionsmorphologischen Vorstellungen.<sup>20</sup> Hebb setzt damit in seiner Schrift, die - ebenfalls in einem assoziationspsychologischen Rahmen - eine in Netzarchitekturen zu fassende neuronale Verrechnung beschreibt und hierbei - analog dem Versuch Exners - die Konzepte von Neuronalem Netz und lokaler Lernregel darlegt, die nach 1900 unterbrochene Linie der konzeptionellen Entwicklung der Neurowissenschaften fort. Nicht nur die Rahmenkonzepte, sondern auch die anatomischen Bezugsgrößen sind dabei für Hebb und Exner gleich. Beide weisen damit auf die um

---

19. Ramón y Cajal, S. (1933) Neuronismo o reticularismo? *Archivos de neurobiología* 13: 217-291 & 576-646.

20. Hebb, D. O. (1949) *The Organization of Behavior. A Neuropsychological Theory*. New York; vergl. zum Problem: Breidbach, O. (1996) Vernetzungen und Verortungen. Bemerkungen zur Geschichte des Konzepts neuronaler Repräsentationen. In: Ziemke, A., Breidbach, O. (Hrsg.) *Repräsentationismus - was sonst?* Braunschweig & Wiesbaden: 35-62.

1900 etablierte funktionsmorphologische Neuroanatomie zurück, wie sie von Ramón y Cajal vertreten wurde. Beide rekurren auf ein assoziationspsychologisches Programm, und beide folgen dabei der Auslegung wie sie von Meynert vorgelegt worden war.

#### IV. Kognition und Neuronale Netze

Was ist nun an dieser Parallelisierung interessant? Interessant ist, wo und wie sich der konzeptionelle Rahmen einer auf Modelle zur Analyse kognitiver Verhaltensmuster zielenden Neurowissenschaft in den ersten fünf Jahrzehnten unseres Jahrhunderts änderte. Der Rekurs auf Hebb - zumindest in seiner grundsätzlichen Ausrichtung - ist dabei, was die skizzierten Grundkonzepte anbelangt, sowohl in den Kognitions- wie auch in den Neurowissenschaften bis in unsere Dekade ungebrochen.<sup>21</sup> Deren konzeptioneller Rahmen scheint in Hebbs Entwurf fundiert. Hebb referiert in seinem Werk aber nicht nur anatomisch/physiologische sondern auch psychologische Konzepte. Seine Analyse der Diskussion um die Gestaltpsychologie, die er in assoziationspsychologischer Weise interpretiert, gibt ihm eine Referenz auch außerhalb der physiologischen Wissenschaften. Dabei kann er auch die seinerzeitigen reflexphysiologisch ausgerichteten Konzepte integrieren.

Die hier aufgewiesene Parallele mit Exners Werk stellt die skizzierte Dimension der Hebb'schen Arbeit selbst nicht in Frage, aber sie erzwingt eindringliche Fragen nach dem Zusammenhang zwischen konzeptioneller und experimenteller Entwicklung in den Kognitions- und Neurowissenschaften. Hebbs Position knüpft direkt an die Diskussion um 1900 an, was bedeutet, daß die enorme Entwicklung der Physiologie, etwa im Bereich der Elektrophysiologie oder auch in der neurochemischen Charakterisierung der Synapse, sich konzeptionell in Hebbs Entwurf nicht direkt erkennbar abbildet. Dies könnte bedeuten, daß sich die Grundvorstellungsmuster über die Organisation des Hirnes auch

---

21. Gardner, H. (1985) *The Mind's New Science*. New York.



nach dem Einbruch der Neuroanatomie für die Forschung erhalten haben und insoweit ihrerseits den Rahmen für die en detail formulierten reflexphysiologischen Vorstellungsbilder gaben. Damit wäre allerdings noch einmal sehr präzise nach den insoweit gegebenen Dispositionen für ein Verständnis der Funktionsarchitektur des Hirnes zu fragen, bildet sich die Chemoarchitektur des Hirnes in derartigen wie den besprochenen Konzepten doch nicht ab.<sup>22</sup> Wurden die Grundfunktionen, die sich als Modell möglicher Verrechnungsprozesse hier ansetzen lassen, durch die Fokussierung auf bestimmte physiologisch abzubildende Teilfunktionen doch schon prädisponiert. Schließlich sind mit der Grundentscheidung, einen Verrechnungsprozeß in einer bestimmten Weise zu denken schon erste Ordnungskategorien formuliert, in denen nun das weitere Denken abläuft. Diese Situation erzwingt insbesondere eine Überprüfung der Aussagen einer Anatomie, die eben nicht einfach als Fortschreibung der alten Grundtraditionen gedacht werden kann, sondern die vielmehr die hochgradig dynamisierte Denkweise einer biochemischen oder auch entwicklungsbiologischen Sicht zu integrieren hat. Der Vergleich der Konzepte mag hierbei helfen kritische, d.h. im wesentlichen unveränderte Dispositionen zu erfassen und auf ihren konkreten Bezug zu einer Experimentaldisziplin hin zu analysieren.

Dies ist aber nur eine Seite einer entsprechenden Problematisierung. Hebb setzte seine Darstellung mit einem umfangreichen Referat gestaltpsychologischer Konzeptionen an. Dabei bezog er Vorstellungsmuster ein, die sich ebenfalls schon bei Exner finden.<sup>23</sup> Damit steht hier ein ganz analoges Problem in Rede. Inwieweit hat die gestaltpsychologische Diskussion so wie sie bei Hebb referiert ist, die grundsätzlichen schon von Exner expli-

---

22. Vergl. Florey, E. (1993) Memoria. Geschichte der Konzepte über die Natur des Gedächtnisses. In: Florey, E., Breidbach, O. (Hrsg.) Das Gehirn - Organ der Seele? Berlin: 151-216.

23. Ähnliche Vorstellungen äußerte im anglo-amerikanischen Bereich seinerzeit (auch im Rekurs auf Meynert) Alexander Bain; zum Kontext vergl. Breidbach, Materialisierung a.a.O.