

# **Lernen im Lebenslauf: Jenseits von Mythen der Neurowissenschaften und Fehlschlüssen der Pädagogik**

Interdisziplinäre Reflexionen zu den Veränderungen des Lernens im Lebenslauf

## **Inhalt / Abstract**

Wir lernen – und das ein Leben lang. So banal dieser Satz klingt, so fundamental ist seine anthropologische Aussage. Es gehört zum Wesen des Menschen, sowohl lernfähig zu sein, als auch lernen zu müssen. Die "Gelehrigkeit" des Menschen wird bis ins hohe Erwachsenenalter beibehalten und hört im Normalfall nie wirklich auf (Tippelt 2009). Was neurowissenschaftliche Ergebnisse und bildgebende Verfahren bezüglich des Lernens im Lebenslauf über Aktivitäten des Gehirns und elektrochemische Potentiale in bestimmten Regionen des Gehirns verraten, "übertrifft die philosophische Debatte, die seit mehr als 2½ tausend Jahren über das Leib-Seele-Problem geführt wird, scheinbar um Lichtjahre" (Hempelmann 2009, S. 198). Untersucht werden in Bezug auf Lernprozesse von Menschen vor allem Lernmechanismen auf nervlicher Ebene und der des Gehirns. Es geht also darum, wie lebenslange Lernprozesse aus Sicht der Neurowissenschaften möglich bzw. darstellbar sind. Den dadurch gewonnenen neuen Erkenntnissen bezüglich des Lernens widmen sich auf einer breiten Ebene Beiträge rund um die Empirie der Neurowissenschaften. Seit kurzem ist diese Debatte auch Gegenstand politischer und pädagogischer Auseinandersetzung. Ob "Neurodidaktik", "Pädobiologie", "gehirngerechtes Lernen" oder aber "biologische Schule" bzw. "New Brain Technology" – die Erwartungen wie die Versprechungen sind hoch in Bezug darauf, was die moderne Hirnforschung und die Neurowissenschaften bezüglich des Lernens und der Gestaltung von Lernprozessen leisten können.

Zunehmend vermögen in diesen Fragen die Neurowissenschaften scheinbar sogar Antworten zu geben, um welche die Pädagogik seit Jahrzehnten verlegen zu sein schien. "Dass die angebotenen Lösungen oft erschreckend banal sind, etwa wenn festgestellt wird, dass das Gehirn in großen Klassenverbänden schlechter als in kleinen lernen könne" (Zunke 2010) ändert an dieser Feststellung wenig. Und obwohl oft nur aus der Pädagogik oder von der Psychologie her Bekanntes aufgegriffen wird, verleiht den Feststellungen "das neurowissenschaftliche Design eine neue Qualität" (a.a.O.). In Fragen der funktionellen Bildgebung des Gehirns bleibt dagegen zu konstatieren, dass eine solche lediglich eine weitere Variante anatomischer Verfahren darstellt. Auf welchen neurologischen und biologischen Grundlagen Lernen beruht, lässt sich dabei nicht so einfach bildlich darstellen, wie es wirkt. So manche Ratgeber produzieren denn auch aufgrund der direkten Übertragung pädagogischer Ratschläge aus den empirischen Erkenntnissen moderne Mythen bezüglich der Hirnforschung. Und pädagogische Fehlschlüsse auf Seiten der Neurowissenschaften. Insgesamt sind von Seiten der neurowissenschaftlichen Disziplinen, die Anleitungen für die Gestaltung von Unterricht ableiten wollen, keine neuen Impulse für das Lernen im Lebenslauf zu erwarten. Sie bleiben auf die bereits existierenden psychologischen und pädagogischen Erkenntnisse verwiesen, um überhaupt adäquate Forschungsergebnisse erbringen zu können.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Lernen aus der Perspektive der Neurowissenschaften</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Neurobiologie: Lernen, Neurone und Synapsen</b>	<b>9</b>
1.1.1 Neuronale Netzwerke	15
1.1.2 Neuronale Karten	17
<b>1.2 Neurophysiologie: Von Hemisphärendominanzen und Lokalitäten</b>	<b>19</b>
<b>1.3 Neuroanatomie: Das Gedächtnissystem</b>	<b>22</b>
<b>1.4 Neuropsychologie: Die Rolle von Emotionen beim Lernen</b>	<b>29</b>
<b>1.5 Evolutionsbiologie: Wahrnehmung und Lernen zwischen privilegierten und nicht-privilegierten Formen</b>	<b>32</b>
1.5.1 Vom Instinkt tier zum Lernwesen	34
1.5.2 Kritische Phasen und kognitive Fenster	36
1.5.3 Soziales Lernen und Spiegelneurone	38
<b>2. Lernen und die Empirie der Neurowissenschaften</b>	<b>42</b>
<b>2.1 Von Deprivationen, Läsionen und Tierexperimenten</b>	<b>42</b>
<b>2.2 Mach Dir ein Bild vom Hirn</b>	<b>48</b>
2.2.1 Guck mal, was da sieht!	53
2.2.2 Digitale Sehwelten	55
2.2.3 Sehen – ein privilegierter Lernkanal des Gehirns?	57
2.2.4 Von den Augendominanzsäulen zu "Blue Brain"	59
<b>2.3 Sprache: Neurowissenschaftliche Theoriebildung</b>	<b>61</b>
2.3.1 Reden über Sprache	64
2.3.2 Ontologie: Theorien und Kultur	65
2.3.3 Emergenzen: Erste Sätze und ihr ungeklärter Realbezug	67
<b>3. Lernen: Von pädagogischen Fehlschlüssen ...</b>	<b>71</b>
<b>3.1 Die Vorstellung asymmetrischer Hirnhemisphären</b>	<b>74</b>
<b>3.2 Nicht genutzte Hirnkapazitäten</b>	<b>76</b>
<b>3.3 Lerntypen- und Sinneskanaltheorien</b>	<b>79</b>
<b>3.4 Das "Fühl-Dich-gut-und-Du-lernst-leichter-Syndrom"</b>	<b>82</b>
<b>4. ... und neurowissenschaftlichen Mythen</b>	<b>88</b>
<b>4.1 Wider einen mereologischen Trugschluss</b>	<b>90</b>
4.1.1 Ein zerebraler Kategorienfehler: Das Gehirn als lernendes Subjekt	92
4.1.2 Das limbische System als Homunkulus?	93
4.1.3 Lernend alles selbst konstruiert?	95
<b>4.2 Was argumentiert hier eigentlich?</b>	<b>98</b>
4.2.1 Freiheit im Experiment und durch das Argumentieren	101
4.2.2 Das Argument der (fehlenden) Willensfreiheit	103

4.2.3 Der "performative Widerspruch" des Arguments	105
4.2.4 Neurowissenschaften als Argumentationszusammenhang	107
<b>5. Wissen - Von Daten, Zeichen und Kultur</b>	<b>108</b>
5.1 Informationen über Informationen	109
5.2 Bedeutung: Signale und Zeichen	112
5.3 Sehen, Begriffe und der Inhalt von Wissen	115
5.4 Ewig lockt die Zahl	117
5.5 Ignoranz: Vom Nichtwissen...	119
5.6 ... und Verlernen Können	121
5.7 Wissen als kooperativer Prozess	122
<b>6. Wir lernen ein Leben lang – aber anders</b>	<b>124</b>
6.1 Es gibt keinen "Kindheitsdeterminismus"	125
6.2 Verstehendes Lernen oder: Veränderung der Lernprozesse im Lebenslauf	127
6.3 Intelligenz - Von Wissenschaften und Ideologien	130
6.3.1 Vermessenes Messen von Intelligenz	133
6.3.2 Kognitive Flexibilität: Erfahrungswissen und Expertenwissen	135
6.3.3 Nicht-privilegierte Kompetenzentwicklung	138
6.3.4 Weisheit als soziale Kompetenz	142
<b>7. Gemeinsam denken statt besser wissen</b>	<b>146</b>
7.1 Lernen durch Sprache und Kultur	148
7.2 Verstehen: Denken als aktiver Erkenntnisprozess	151
7.3 Metakognition: Reflexives Lernen	154
7.4 Wissenswissen: Die Wirklichkeit von Wissen und Bedingung von Wahrheit	157
<b>8. Ausblick: Vom Lernen im Lebenslauf zur Biografizität</b>	<b>160</b>
8.1 Emotionen und Politdidaktik	160
8.2 Die ganze Person: Lernen im Vorübergehen	163
8.3 Die eigene Biografie als Schlüsselvariable	165
8.4 Das nachhaltige Lernen von Nachhaltigkeit	168
8.5 Lernen im Lebenslauf und das Verhältnis zur Bildung	171
<b>9. Literatur</b>	<b>173</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Brodmann-Areale	7
Abbildung 2: Schematische Zeichnung einer Nervenzelle	10
Abbildung 3: Schematische Darstellung des elektrochemischen Signaltransports	12
Abbildung 4: Einfaches Schema der Langzeit-Potenzierung	14
Abbildung 5: Einfaches neuronales Netzwerk (1)	16
Abbildung 6: Einfaches neuronales Netzwerk (2)	17
Abbildung 7: Somatosensorischer Cortex	18
Abbildung 8: MRT-Aufnahme eines menschlichen Gehirns	20
Abbildung 9: Das Kleinhirn	23
Abbildung 10: Das Arbeitsgedächtnis	24
Abbildung 11: Schematische Darstellung des Gedächtnissystems	28
Abbildung 12: Limbisches System und Hippocampi	30
Abbildung 13: Ein Beispiel für privilegiertes und nicht-privilegiertes Lernen	33
Abbildung 14: Vergleichende Anatomie artspezifischer Schädel und unterschiedliche Hirngrößen	35
Abbildung 15: Das menschliche Genom	37
Abbildung 16: Ein neugeborener Makake imitiert Gesichtsausdrücke	39
Abbildung 17: Die Meeresschnecke Aplysia	43
Abbildung 18: Der Unfall von Phineas P. Gage	46
Abbildung 19: PET-Scan und seine Anwendung	49
Abbildung 20: Bildrekonstruktion von PET-Bilddaten	51
Abbildung 21: Camera Obscura	54
Abbildung 22: EPROM als Beispiel für einen integrierten Schaltkreis	56
Abbildung 23: Kanizsa-Dreieck	58
Abbildung 24: Schema eines künstlichen Neurons	60
Abbildung 25: Phrenologische Deutungen	62
Abbildung 26: Szene aus dem ägyptischen Totenbuch	64
Abbildung 27: Panorama der "Central Station" in New York	66
Abbildung 28: Wassertropfen fallen in ein Glas	69
Abbildung 29: Typus Logicae aus der Margarita Philosophica von Gregor Reisch	72
Abbildung 30: Die Split-Brain Problematik	75
Abbildung 31: (Verständlicher) Fehlertext	77
Abbildung 32: Die Lerntypen- und Sinneskanaltheorien	80
Abbildung 33: Lachende Mädchen	83
Abbildung 34: Das Modell des "Dreieinigen Hirns" nach Paul MacLean	85
Abbildung 35: Mosaik Geschichte und Mythologie	89
Abbildung 36: Einer der Hunde von Iwan Petrowitsch Pawlow	91
Abbildung 37: Der Homunkulus als "Cartesianisches Theater"	94
Abbildung 38: Schaltplan des Volksempfängers VE301W	96
Abbildung 39: Beispiel für einen gültigen Syllogismus	98
Abbildung 40: Grafik des "Argumentationstrichters"	100
Abbildung 41: Experiment im Chemieunterricht	102
Abbildung 42: Skizze der Libet-Uhr	104
Abbildung 43: Satz vom Widerspruch	106
Abbildung 44: Beispiel eines Barcodes mit der Aufschrift wikipedia_1234567890	108
Abbildung 45: Modell eines Kommunikationssystems	110

Abbildung 46: Das semiotische Dreieck nach Charles Morris	113
Abbildung 47: Lesesaal der Kongressbibliothek (LoC) in Washington	115
Abbildung 48: Bits und Bytes oder: Immer mehr Informationen in einer Wissensgesellschaft?	118
Abbildung 49: Formen der Ignoranz	120
Abbildung 50: Die Sprache neuronaler Karten	126
Abbildung 51: Die primären mentalen Fähigkeiten im Altersverlauf	129
Abbildung 52: Kraniometrie und andere Gehirnvermessungen	131
Abbildung 53: Beispielfrage eines Intelligenztests	134
Abbildung 54: Das Cattell-Horn Modell der Intelligenz	136
Abbildung 55: Verschiedene Kompetenzmodelle	139
Abbildung 56: Berühmte Mathematiker	141
Abbildung 57: Allegorie der Weisheit	144
Abbildung 58: Prähistorischer Steinhammer	147
Abbildung 59: Ausschnitt aus dem Deckenfresko des Bibliothekssaales von Stift Admont	150
Abbildung 60: Der Denker von Auguste Rodin	153
Abbildung 61: Faksimile von Kants "Kritik der reinen Vernunft"	155
Abbildung 62: Büste des Aristoteles	158
Abbildung 63: Porträt von Adam Smith	162
Abbildung 64: Gustave Caillebotte - Gehender Mann in blauer Jacke	164
Abbildung 65: Die Lebensspanne Mitte des 19. Jahrhunderts am Beispiel der Schwestern Bronte	167
Abbildung 66: Unterschiedliche zeitliche Verläufe	169

# 1. Lernen aus der Perspektive der Neurowissenschaften

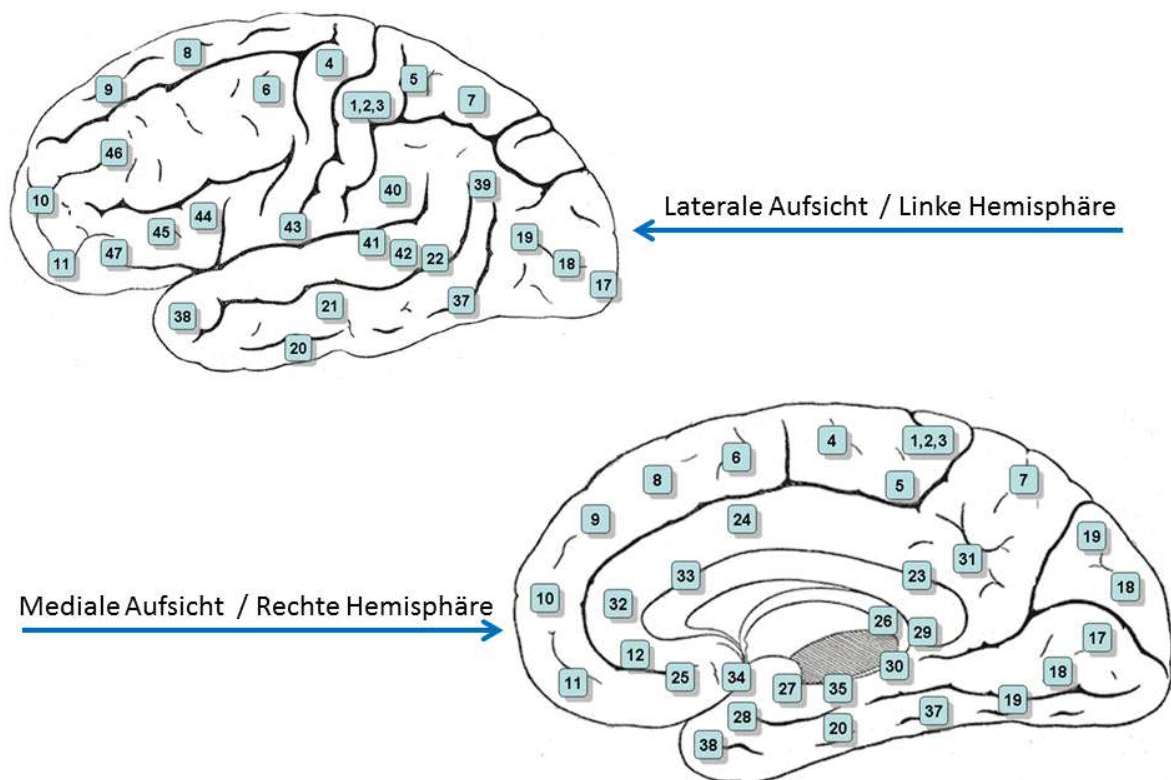
"Der Mensch wird erst durch Lernen zum Menschen" (Goller 1995, S. 118).

"In diesem Sinn ist Lernen, auch in seiner einfachsten Form, ein schöpferischer Prozess" (Bunge 1984, S. 177).

Lernen bezeichnet inhaltlich die Fähigkeit von Tieren, ihr Verhalten den jeweiligen Umweltbedingungen anzupassen. Bei Menschen geht das Lernen über eine reine Anpassungsleistung hinaus und wird über verschiedene Prozesse und Formen vollzogen. Das Lernen oder die verschiedenen Lernprozesse sind dabei nicht direkt beobachtbar. "Lernen ist ein hypothetisches Konstrukt" (Goller 1995, S. 119), das beispielsweise von beobachteten Veränderungen in der Ausführung von Handlungen abgeleitet werden kann. Beim Menschen ist Lernen die Voraussetzung für Bildung, meint jedoch weder begrifflich noch inhaltlich dasselbe. Häufig ist es eine Ermessensfrage, ob man beispielsweise die beobachtbaren Verhaltensänderungen, die auf eine Reizverarbeitung zurückgehen, als Lernen bezeichnet. Es ist auch stark theorieabhängig, ob man den nicht beobachtbaren Prozess der Informationsverarbeitung, durch den Lernen ebenfalls zu Stande kommt, den Lernprozessen zuschlägt. Eine Ermessensfrage und eine Frage der vernünftigen wissenschaftlichen Operationalisierung, will man empirische Erkenntnisse gewinnen. Zu unterscheiden wäre auch zwischen Lernen und den durch Lernen beeinflussbare Dispositionen (Kompetenzen) oder dessen Umsetzung in Form von Handlungen (Lernleistung). Neurowissenschaftlich gesehen findet alles Lernen und jeder psychische Prozess im Gehirn statt. Lernen basiert damit auf neuronalen Grundlagen, soweit der unstrittige und nicht gerade sensationelle Befund. Aber wie vollzieht sich Lernen genau im Gehirn? Wie lernen Menschen generell? Was lernen sie wann und wie intensiv? Verändern sich die Lernprozesse im Lebenslauf, also wenn der Mensch oder das Gehirn älter wird? Für die Suche nach Antworten ist es sicher sinnvoll, sich den aktuellen Erkenntnissen bezüglich neurowissenschaftlicher Grundlagen des Lernens und von Lernprozessen in der Lebensspanne zuzuwenden.

Unter Neurowissenschaften versteht man als Sammelbegriff allgemein "biologische, physikalische, medizinische und psychologische Wissenschaftsbereiche, die den Aufbau und die Funktionsweise von Nervensystemen untersuchen" (Wikipedia: [Neurowissenschaften](#), S. 1). Hierzu zählen mittlerweile auch allerhand spezielle Wissenschaften, wie beispielsweise Neuroökonomie, Neuroästhetik, Neurokommunikation, Neuroinformatik, Neuromarketing, Neurophilosophie, Neuroethik und sogar Neurotheologie. Dabei geht die Geschichte der Neurowissenschaften bzw. der Hirnforschung bis weit in die prähistorische Zeit der Menschheit zurück. Bereits um 3000 vor Christus haben anatomischen Kenntnisse über das Gehirn existiert. Die in Ägypten 1550 vor Christus verfassten und überraschend systematisch und rational, d.h. fast ohne magische Texte, überlieferten Kenntnisse über das Gehirn im "Papyrus Edwin Smith" (Wundenbuch) gelten als die ältesten medizinischen Dokumente der Menschheitsgeschichte. Ebenso begannen vor 5000 Jahren bereits Menschen mit ersten operativen Eingriffen in das Zentralnervensystem, "wie an systematischen Schädelöffnungen (Trepanationen) an

Schädeln dieser Zeit abzulesen ist. Etwa 70 Prozent der Schädel, die solche Merkmale aufweisen, zeigen Zeichen der Heilung und lassen daher auf eine erfolgreiche Anwendung der Technik schließen, da der Patient den Eingriff um Monate oder gar Jahre überlebt haben muss" (Wikipedia: [Geschichte der Hirnforschung](#), S. 2). Zu erkennen ist das an den Gewebsneubildungen. Jenseits der neurochirurgischen Erkenntnisse hat sich seit dieser Zeit viel im Verständnis des Gehirns geändert. Besonders interessante Erkenntnisse gibt es bezüglich derjenigen Vorgänge, die das Denken und Lernen betreffen. Diese Ergebnisse stehen zu Beginn im Zentrum der Frage nach den Veränderungen des Lernens im Lebenslauf. Sie werden später ergänzt durch empirische Erkenntnisse der Lernpsychologie und zum Teil der Gerontologie.



**Abbildung 1: Die Brodmann-Areale**

Die Brodmann-Areale, benannt nach dem deutschen Neuroanatomen und Psychiater Korbinian Brodmann. Oben in einer lateralen (seitlichen, Stirn vorne) Ansicht der linken, unten in einer medialen Sicht (von der Mitte nach außen) der rechten Hirnhälfte. Er teilte das Gehirn bereits 1909, aufgrund der "Architektonik" der Zellen (Zellarchitektur), also nach histologischen Mikroskop Befunden, in 52 Felder ein. Zu diesem ursprünglichen hirnanatomischen Atlas sind zwar Felder hinzugekommen (beispielsweise Area 23a und Area 23b), was eine genauere Unterteilung ermöglicht. Dennoch ist seine Kartierung bis heute gültig und die Nummer wird zur genauen Lageangabe spezifischer funktionaler Bereiche des Gehirns verwendet. Brodmann selbst war vorsichtig in der Formulierung dessen, was diese Hirnareale für eine tatsächliche Bedeutung haben könnten. Die funktionalen Eigenschaften wurden für die meisten Areale auch erst später aufgezeigt, so etwa für das Areal 17, den primären visuellen Cortex. Die Struktur des Gehirns ist damit zwar seit etwa einem Jahrhundert beschrieben und dokumentiert. Doch weitere Fragen blieben und bleiben zu klären.

"Brodmanns Hirnkarte war nicht nur ein anatomisches Meisterstück, sondern sie war auch mit der Vision verbunden, dass die Forschung irgendwann den vollständigen Zugriff auf die intellektuelle und psychische Natur des Menschen haben kann"

(Stangl-Taller: [Aufbau des Gehirns](#), 4.11.2010). Mit der Entwicklung moderner bildgebender Verfahren hat Brodmanns Kartierung eine Bedeutung erlangt, die weit über das hinausgeht, was zu dieser Zeit zu erwarten war. Ohne entsprechende Vorgänge im Gehirn ist sicher weder Denken, noch Verhalten, Wahrnehmung, Erleben oder Lernen möglich. Schon lange wurde wegen der möglichen Lokalisierung spezifischer Leistungen vermutet, dass das Gehirn nicht hierarchisch organisiert ist. Die meisten Regionen werden also nicht von höheren Zentren kontrolliert, sondern gleichen eher einem Netzwerk mit verteilten Knoten. Dennoch ist im Detail nach wie vor fraglich, wie die einzelnen Hirnareale miteinander interagieren, um Denken und Bewusstsein zu erzeugen oder Lernen zu ermöglichen. Insofern hat die Neuronenlehre, welche die Eigenschaften auf einer Ebene unterhalb des Gehirns behandelt, axiomatisch den Vorrang bekommen. Doch mit dem "Homo cerebralis" erscheint am Horizont der Wissenschaften auch ein Mensch, der "mehr oder minder auf die Funktionsweise eines einzigen Organs" reduziert wird (Stangl-Taller: [Ergebnisse neuerer Gehirnforschung](#), 06.11.2010).

Quellen: Stangl-Taller, Wikipedia. Bilder: Reproduktion aus "Gray's Anatomy". Die Bilder sind gemeinfrei, da das Copyright abgelaufen ist. Verfügbar unter der URL <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/33/Gray726-Brodman.png> (lateral) bzw. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/58/Gray727-Brodman.png> (medial).

Die Neurowissenschaften sind im Regelfall axiomatische Wissenschaften. In einem solchen Fall stehen zu Beginn der Forschung grundsätzliche Aussagen, die das Forschungsprogramm leiten. Die Grundsätze werden deduktiv bzw. logisch hergeleitet oder implizit definiert. Die ersten Sätze sind in diesem Sinne zunächst unbewiesen und im Laufe des empirischen Erkenntnisgewinns zu verifizieren. Somit müssen auch nicht bereits zu Beginn des Forschungsprogramms die genauen Zusammenhänge bekannt sein. Auch zufällige Entdeckungen, die relativ häufig vorkommen, können beispielsweise zu wissenschaftlichen Verfahren weiterentwickelt werden. Das neurowissenschaftliche Verständnis der Funktionen des Gehirns beruht auf wenigen dieser ersten Sätze und jenseits einer wissenschaftstheoretischen Problematisierung axiomatischer Wissenschaften haben sich bisher zwei Axiome forschungsleitend als besonders fruchtbar herausgestellt:

- Die Neuronenlehre als Annahme, dass alle Vorgänge des Denkens und Lernens auf diesen "letzten" Einheiten und ihrer Vernetzung beruhen und
- die Lokalisationstheorie als Auffassung verschiedener spezialisierter und abgrenzbarer funktioneller Einheiten im Gehirn.

Axiomatisch gesehen folgt das Gehirn erst an zweiter Stelle, da die neuronalen Vorgänge, einschließlich der netzwerkartigen Organisation in neuronalen Clustern, die eigentliche Basis darstellen und evolutionär eher vorhanden waren (vor ca. 650 Millionen Jahren), als sich das Gehirn von Wirbeltieren herausgebildet hat (vor ca. 500 Millionen Jahren). Diesem Umstand geschuldet beginnt auch die Darstellung dieser Abhandlung mit den Grundannahmen der Neuronenlehre.

Der Begriff Lernen wird im Zusammenhang dieser Arbeit mindestens in zweifacher Weise gebraucht: Einmal, um den individuellen Prozess zu beschreiben, zum anderen, um zu zeigen, dass auch die Neurowissenschaft als Wissenschaft mit Lernen assoziiert ist. Die Unterscheidung des verschiedenen Gebrauchs sollte aus den jeweiligen Kapiteln zu erschließen sein. Noch ein letztes zur Einführung: Lernen basiert auf neuronalen Grundlagen. Bereits das Wort "basiert" kann im Zusammenhang der Neurowissenschaften mindestens zwei verschiedene Bedeutungen haben:

1. Zum einen die Bedeutung einer notwendigen Bedingung, d.h. dass Neurone und das Gehirn für Menschen zum Lernen unabdingbar sind, jedoch das Lernen nicht alleine darauf zurückzuführen (zu eliminieren) ist oder