

Zur Geschichte der Hirnforschung

Vorbemerkung. Das Gehirn als rituelles Objekt

Obgleich das Gehirn empfindungslos ist und damit kein Gefühl seiner selbst produziert, scheint es den Menschen und seine unmittelbaren Vorfahren auf rätselhafte, sprich: intuitive, Weise mit dem Wissen um die eigene Bedeutung auszustatten. So ist davon auszugehen, dass schon auf der Stufe des Homo erectus „Köpfe gejagt“ und Gehirne verspeist wurden. Auch gibt es gegenwärtig noch Naturvölker, die diesen „Brauch pflegen“. Ein anderes Kulturgut, das von rituellem Kannibalismus zeugt, ist der Schädelbecher, dessen Kulturgeschichte von frühesten Stufen der Hominidenevolution bis in das 19. Jahrhundert reicht. So benutzten schon die Australopithecinen Schädel als Trinkgefäße. Herodot beschreibt entsprechende Praktiken bei den Skythen (Reiternomadenvolk in den eurasischen Steppen nördlich des Schwarzen Meeres). Plutarch gibt Kunde von dem Ritual des Schädeltrunkes bei den Germanen, die sich auf diese Art den Mut des Gegners einverleibten. Die Kelten sollen den Schädel eines römischen Heerführers zu einer Opferschale verarbeitet haben. Auch das Christentum, das sich immer wieder dem Kampf gegen heidnische Praktiken verschrieb, hat diesen Volksglauben durch die rituelle Nutzung der Schädel von Heiligen übernommen. Der Schädeltrunk verhieß Erlösung und Schutz vor Krankheiten. Nach einem schottischen Volksglauben schützt der Trunk aus dem Schädel eines armen Sünders vor der „heiligen Krankheit“, der Epilepsie. (Oeser, S.15ff.)

Objekt von Forschung und Medizin ist das Gehirn seit 10.000 Jahren, wie sich anhand der Technik der Trepanation nachweisen lässt. Sowohl bei Lebenden als auch bei Toten wurde dabei ein scheibenförmiges Knochenstück aus dem Schädel entfernt, um Bereiche des Gehirns aus medizinischen Gründen zur Behandlung von Geisteskrankheiten und Verletzungen freizulegen, aber auch religiös motiviert, um die Seele entweichen zu lassen. (ebenda)

Hirnforschung in der Antike und im Mittelalter

In der griechischen Antike kann man grob drei sich zum Teil überlagernde Entwicklungsrichtungen unterscheiden:

1. die empirische Hirnforschung,
2. aus Seelenkonzepten erwachsene Auffassungen über die Hirntätigkeit,
3. die Lehre vom Pneuma und
4. die Lehre von den Gehirnentrikeln als Sitz der Seele

1. Zur empirischen Hirnforschung

„Die eigentliche Geschichte der wissenschaftlichen Hirnforschung beginnt erst bei den Griechen, und zwar schon im 6. Jahrhundert v. Chr., als Alkmaion von Kroton hervorhob: ‚Das Gehirn ist es, das die Wahrnehmung des Hörens, Sehens und Riechens gestattet; aus diesen entstehen Gedächtnis und Vorstellung, aus Gedächtnis und Vorstellung aber, wenn sie sich gesetzt haben und zur Ruhe gekommen sind, bildet sich das Wissen.‘“ (Oeser, S. 19)

Alkmaion war wohl in der griechischen Antike auch der erste, der Sektionen vorgenommen hat. Dabei besteht die Vermutung, dass er diese nicht nur bei toten, sondern auch bei lebenden Tieren durchführte. (Oeser, S. 19) Das Thema der Vivisektion zieht sich durch die gesamte Geschichte der Hirnforschung.

Unter dieser Tendenz zur empirischen Forschung kann man natürlich auch *Hippokrates* subsumieren, für den ebenfalls das Gehirn der Ort für alle mentalen Phänomene ist. Bekannt ist vor allem sein beißender Spott über die Auffassung, die Epilepsie sei eine heilige Krankheit. „Der Autor des hippokratischen Textes *Über die heilige Krankheit* (um 410 vor Christus) weist die allgemeine Vorstellung von einem göttlichen Ursprung der Epilepsie ganz und gar zurück. Sarkastisch zählt er die verschiedenen Götter auf, auf die epileptische Anfälle zurückgeführt wurden: Wenn der unter Krämpfen leidende Patient sich wie eine Ziege benahm oder mit den Zähnen knirschte, sollte die Ursache bei Hera, der Göttermutter, liegen; Hekate, Göttin der Zauberei, war zu beschuldigen, wenn der Kranke unter Alpträumen litt, und so fort.“ Diese Vorstellungen gehören nach Ansicht des Autors in das Reich der Phantasien. „Die Menschen aber hielten sie für etwas Göttliches aus Unerfahrenheit und aus ihrem Hang zum Wunder, weil sie andern ganz und gar nicht gleicht“, beharrte der Autor, „und weil sie unfähig sind zur Erkenntnis, bleibt in ihren Augen das Göttliche gewahrt.““ (Porter, S. 53)

Mit Hilfe der Körpersäftelehre führte er sie auf eine angeborene zu stark schleimige Konstitution der Betroffenen zurück. (Oeser, S. 23)

Die alten Griechen verfügten schon über beachtliche anatomische Kenntnisse. Sie unterschieden Arterien und Venen, was insofern von Bedeutung ist, als man den Arterien den für die Hirntätigkeit so wichtigen Transport von Pneuma zuschrieb.

Herophilos, ein griechischer Arzt, der um 300 v. Chr. lebte und in Alexandria lehrte, kannte Bewegungs- und Sinnesnerven und beschrieb „als Erster das Groß- und Kleinhirn, die Hirnhäute und die Ventrikel mit großer Genauigkeit“. (Oeser, S. 35) Diese Kenntnisse verdankte er systematischen Hirnsektionen. Zu erwähnen ist noch der etwas jüngere und ebenfalls in Alexandria wirkende Anatom *Erasistratos*. „Auf der Basis seiner Sektionen demonstrierte Erasistratos zunächst unwiderleglich, dass alle Nerven im Gehirn ihren Ursprung haben ... Er unterscheidet, wie Herophilos, drei Kammern im Großhirn und eine im Kleinhirn. Er kennt

die Hirnhäute und beschreibt die Großhirnwindungen und das Kleinhirnrelief. Wie Herophilos sieht auch Erasistratos im Kleinhirn das Führungs- oder Denkkorgan“, weil es mehr Windungen aufweist als das Großhirn. (Oeser, S. 36)

2. Zu den aus Seelenkonzepten gefolgerten Auffassungen über die Hirntätigkeit

Die antiken Konzepte werden, wenn man so will, durch den Gegensatz von Hirn und Herz als zentraler Sitz des Denkens geprägt. Dies spiegelt sich vor allem in den gegensätzlichen Auffassungen von Platon und Aristoteles wieder. Dabei vertritt Platon, wie schon Alkmaion und Hippokrates, die These, dass das Gehirn Sitz des Denkens ist. Bei Platon erschließt sich dies aus seinem Seelenkonzept, das schon bei Homer nachzuweisen ist. Gemeint ist die mythologische Dreiteilung der Seele in Psyche als Lebensodem, Thymos als Organ der Regung und Noos als die Fähigkeit des Denkens, des Verstandes. (Snell, S. 19ff.) Platon unterscheidet den erkennenden, den mutigen und den begierigen Teil der Seele. Im Zentrum seiner Überlegungen steht das Verhältnis von Thymos, dessen körperlicher Ort das Herz ist, und Noos, der Verstand, der seinen Sitz im Gehirn hat, und Thymos zügeln soll. Dabei sendet das Gehirn einen kühlenden Stoff herab zum Herz. (Oeser, S. 25)

Für Aristoteles hat das Gehirn „nur noch die Funktion eines Kühlaggregates, die darin besteht, die Temperatur des mit Nahrung beladenen Blutes zu senken“. (Oeser, S. 28f.) Das Herz ist Sitz der Ernährungs- und Wahrnehmungsseele. Die aktive Vernunft ist an kein Sinnesorgan gebunden und hat daher keinen physiologischen Ort. (Oeser, S. 29)

3. Die Lehre vom Pneuma

Diese Lehre vom Pneuma ist lange Zeit von zentraler Bedeutung für die Hirnforschung. Das Pneuma gilt bis in die Neuzeit hinein als >>Spiritus animalis<<. (Oeser, S. 33)

Das Pneuma galt als Lebenskraft, verantwortlich für alle physiologischen Vorgänge. Je nachdem ob Hirn oder Herz der Vorzug gegeben wird, wird das Pneuma entsprechend verortet. „Aristoteles unterschied zwei Arten von Pneuma: Erstens Pneuma zur Erhaltung der Körpertemperatur, das von außen eingeatmet wurde. Zweitens angeborenes, aus dem Blut verdunstetes Pneuma im Herzen. Nach Erasistratos gab es ein Lebenspneuma im Herzen und ein psychisches Pneuma im Gehirn. Erasistratos vermutete Blut in den Venen, Pneuma in den Arterien und psychisches Pneuma in den Nerven.“ (Wikipedia, Stichwort >>Pneuma<<)

Zu vermuten ist, dass das Pneumakonzept in engem Zusammenhang mit der Körpersäftelehre steht, dem Konzept der vier Humores, der vier Körpersäfte: Blut, gelbe und schwarze Galle, Schleim. Eingeordnet in die diätetika (Text *Über die Diät (Lebensordnung)*) wurde Gesundheit als Gleichgewicht im Fluss der Körpersäfte und Krankheit als dessen Störung verstanden. „Ein Ungleichgewicht rief Krankheit hervor, wenn es von einer übermäßigen Ansammlung von Körpersäften in einer bestimmten Körperregion herrührte. Das Abfließen ... von Säften in die Füße rief Gicht hervor, ein Katarrh (Fluss von Phlegma aus dem Kopf in die Lungen) war die Ursache von Husten.“ (Porter, S. 57) „Zweierlei Flüssigkeiten verband man besonders mit Krankheit: Gelbe Galle (*chole*) und Schleim (*phlegma*) kamen zwar natürlicherweise im Körper vor, schienen aber bei Krankheit übermäßig zu fließen. Winterliche Erkältungen gingen auf Schleim, Durchfall und Erbrechen im Sommer auf gelbe Galle und Manien auf gelbe Galle, die im Gehirn kochte, zurück.“ (Porter, S. 57) Epilepsie wird durch „Schleim (Phlegma) verursacht, der die Atemwege verstopfte; der Körper verkrampfte bei seinem Bemühen, sich davon zu befreien.“ (Porter, S. 57)

Auch Blut, eigentlich Quell des Lebens, kann bei Ungleichgewicht vom Körper abgestoßen werden, z.B. während der Menstruation oder bei Nasenbluten.

„Die schwarze Galle komplettierte ein zusammenhängendes, symmetrisches Schema aus Gegensatzpaaren, und die vier Humores – Blut, gelbe und schwarze Galle, Schleim – erwiesen sich als wunderbar vielseitiges Erklärungssystem. Man konnte sie zu den vier Elementarqualitäten (warm, trocken, kalt und feucht), zu den vier Jahreszeiten, zu den vier Elementen (Luft, Feuer, Erde, Wasser) und zu den vier Temperamenten in Beziehung setzen. Sie boten ein elegantes Schema mit enormem Erklärungspotenzial. So konnte man aufgrund der Annahme, dass Blut im Frühling und bei jungen Leuten vorherrschte, einem Übermaß desselben entgegenwirken – sei es durch Weglassen blutreicher Nahrungsmittel wie rotem Fleisch, sei es durch Aderlass“. (Porter, S. 58)

| Elemente | Säfte (humores) | Organe | Qualitäten |
|---------------|----------------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| Luft (aer) | Blut (sanguis) | Herz (cor) | heiß und feucht (calidus et humidus) |
| Feuer (ignis) | Gelbe Galle (chole- ra) | Leber (hepar) | heiß und trocken (calidus et siccus) |
| Erde (terra) | Schwarze Galle (me- lanchoia) | Milz (splen) | kalt und trocken (frigidus et siccus) |
| Wasser (aqua) | Schleim/Rotz (phlegma) | Gehirn (cerebrum) | kalt und feucht (frigidus et humidus) |

Als Vollender der antiken Medizin und damit auch Hirnforschung gilt Galen. Er wurde 129 in Pergamon (heute, Bergama, Türkei) geboren und starb 199 wahrscheinlich in Rom.

„Galens mehr als ein Jahrtausend währende beherrschende Stellung in der Medizin ging zum Teil auf seine zahlreichen Schriften zurück. Von seinem Werk sind mehr erhalten als von jedem anderen antiken Autor: etwa 350 authentische Texte zu Themen von der Seele bis zu Streitschriften über den Aderlass – annähernd so viele wie alle anderen griechischen Medizintexte zusammen. Er war ein großer Gelehrter, und ebenso groß war sein Selbstbewusstsein.“ (Porter, S. 74)

Galen übernahm Platons Seelenlehre und die Physik von Aristoteles und war der Überzeugung, der Arzt müsse Philosophie beherrschen. Der „nicht philosophische Heiler (Empiriker)“ gleicht „einem Architekten ohne Bauplan“. (Porter, S. 75)

Er nahm Sektionen an Affen, Schafen, Schweinen und Ziegen vor, zerlegte auch das Herz eines Elefanten.

Er verknüpft das Pneumakonzept mit der zephalozentrischen These. Dabei unterscheidet er den Spiritus naturalis von dem Spiritus vitalis und den Spiritus animalis. „Der Spiritus naturalis wird aus den Nährstoffen in der Leber gebildet, der dann von den Venen zum Herz gleitet und dort von der linken Herzkammer zum Spiritus vitalis umgewandelt wird.“ Dieser fließt zum Gehirn und dort in die Ventrikel. Dort entsteht als höchste Form der Spiritus animalis und wird von da über die Nerven im ganzen Körper verteilt. (Oeser, S. 37)

„Bei Galen erreichten ... die Vivisektionen an Tieren einen bisher unbekanntem Grad an Anzahl und Grausamkeit. In seiner Abhandlung über die anatomischen Prozeduren schildert er Sektionstechniken an lebenden Tieren verschiedenster Arten. So führte er bereits schichtenweise Abtragung des Gehirns und totale oder partielle Durchschneidung des Rückenmarks durch, um Klarheit über die Funktionen dieser Organe zu gewinnen. Dass ihn selbst diese Vivisektionen nicht ungerührt lassen, kann man jedoch an seiner Empfehlung erkennen, die Freilegung des Gehirns lieber an Schweinen und Ziegen vorzunehmen als an Affen, weil >>du auf diese Weise vermeiden kannst, den unerfreulichen Ausdruck des Affen zu sehen, wenn er viviseziert wird<<. Er stellt auch fest, dass die >>Ekelhaftigkeit des Ausdrucks bei der Vivisektion nicht dieselbe in allen Tieren ist“. (Oeser, S. 38)

Ein Anatom sollte jedoch, so seine Forderung, kein Mitleid und damit keine ethischen Skrupel haben. „Für Galen sind Vivisektionen ausschließlich aus ästhetischen Gründen beunruhigend.“ (Oeser, S. 38)

4. Die Lehre von den Gehirnentrikeln der Seele

Das Konzept von Galen hatte Bestand bis in die Zeit der Renaissance hinein. Im Mittelpunkt stand die Ventrikellehre. „Folgende Anordnung war es, die mit geringen Abwandlungen das

ganze Mittelalter hindurch bis zur Neuzeit aufrechterhalten worden ist: In der ersten Zelle (anatomisch mit den beiden Seitenventrikeln gleichzusetzen) wurden der Sensus communis, der nach Aristoteles alle Sinne zu einer Einheit verbindet, und die Phantasie oder Vis imaginativa, die Einbildungskraft, angesiedelt, in der zweiten Zelle der Verstand (Vis cogitativa) und in der dritten Zelle das Gedächtnis (Vis memorativa).“ (Oeser, S. 39)

Auch Leonardo hat unter Berufung auf die Gelehrten des Altertums und auf der Grundlage seiner eigenen Studien das Ventrikelkonzept übernommen.

Die neuzeitliche Hirnforschung

Der Weg zur neuzeitlichen Hirnforschung verbindet sich zunächst mit Andreas Vesalius (1514 – 1564), dem Begründer der neuzeitlichen Anatomie. Er lehnte die galenische Ventrikeltheorie ab. Er stellte die Grundstruktur des Gehirns in Grundzügen und damit Lage der Ventrikel dar und konnte im Vergleich mit Gehirnen von Tieren nichts Besonderes feststellen. Da er im Sinne der neuzeitlichen Wissenschaft nur auf die Beobachtung vertraute, lehnte er Spekulationen über den Sitz der Seele in den Ventrikeln strikt ab. (Oeser, S. 44f.)

Zu den wohl wichtigsten Daten zählt die Entdeckung des Blutkreislaufes durch William Harvey (1578 – 1657). Dieser gilt als Begründer der neuzeitlichen Medizin und Physiologie. Auch Harvey führte eine Vielzahl von Vivisektionen durch. „Zur Beobachtung der Herzbewegung mussten nicht nur der Brustkorb vieler Tiere geöffnet und die Arterien und Venen freigelegt werden, sondern es musste auch das lebende Herz in die Hand genommen werden, um die Verhärtung durch die Muskelbewegung zu spüren. Zahllose Messungen der Stromgeschwindigkeit in den Arterien, Kapillaren und Venen waren nötig. Und schließlich musste Harvey, um die lebenswichtige Bedeutung des Herzens zu erkennen, auch seine Experimente bis zum Tode des Tieres treiben.“ (Oeser, S. 49)

In Bezug auf die Nervenfunktionen „lehnte er die Auffassung ab, dass es in den Nerven so etwas wie ein Fließen oder eine Bewegung von >>animalischen Geistern<< (Spiritus animalis) gäbe, sondern nahm eine >>Erregung<< an, die er sich wie >>das Licht in der Luft<< oder Ebbe und Flut im Meer vorstellte.“ (Oeser, S. 51)

Die weitere Entwicklung stand im Zeichen der Kontroverse zwischen der mechanischen und chemischen Philosophie, die in der Herausbildung der neuzeitlichen Wissenschaft eine große Rolle spielten. In der Medizin zeigt sich dies in den Konzepten der Iatrophysik bzw. -mechanik und Iatrochemie. (iatros, griech. Heiler, Arzt)

Ausgehend von den humanphysiologischen Schriften Descartes gehen die mechanistischen Konzepte davon aus, dass sich alle Lebensvorgänge durch physikalische Gesetze bestimmen lassen. Sie lassen sich prinzipiell mathematisch berechnen und in einem mechanischen Modell abbilden. (Eckart, S. 136) Als Begründer der Iatrophysik bzw. Biophysik gilt Giovanni Alfonso Borelli (1608 – 1679). Er versuchte die Prozesse im lebenden Organismus mit den Gesetzen der Statik und Hydraulik zu bestimmen und verglich den Körper mit einer Maschine. (Wikipedia, Stichwort >>Borelli<<)

Die Iatrochemie ist dem alchemistischen Konzept von Paracelsus erwachsen, der in Schwefel, Quecksilber und Salz die Grundstoffe des Lebens sah, hat sich aber von dessen quasi esoterischen Elementen abgewandt. Im Vordergrund steht der Chemismus des Körpers. (Eckart, S. 139)

Franciscus Sylvius (1614 – 1672) war ein Vertreter der Iatrochemie. Er verlegte den Entstehungsort der Spiritus animales in die graue Hirnrinde des Groß- und Kleinhirns. Von dort aus konnte sie in die weiße Marksubstanz und in die peripheren Nerven eindringen. (Oeser, S. 61f.) Sylvius beschrieb als erster die große Hirnfurche zwischen Scheitel- und Schläfenlappen der Großhirnrinde, die später nach ihm als Fissura Sylvii, als Sylvische Furche, benannt wurde. (Wikipedia, Stichwort >>Franciscus Sylvius<<)

Ebenfalls nach ihm benannt ist der Aquaeductus Sylvii, die Sylvische Wasserleitung, die Teil des Ventrikelsystems ist und den III. mit dem IV Hirnventrikel miteinander verbindet. (Ebenda)

Weiterhin hervorzuheben ist Thomas Willis (1621 – 1675). Er formulierte eine neue Theorie der Lokalisation von Hirnfunktionen. Er unterscheidet die Körperseele von der Vernunftseele. Dabei verortet Willis die höheren Funktionen wie Vorstellung, Gedächtnis und Wille im Großhirn. Vom Kleinhirn aus werden die vegetativen Funktionen wie Atmung, Herzschlag, Verdauung etc. gesteuert. (Oeser, S. 62)

Seine Ausführungen zum Verhältnis von Vernunftseele und Körperseele weisen erstaunliche Parallelen zur Psychoanalyse auf. Die Vernunftseele hat gegenüber den Begierden und Affekten eine ordnende Funktion, „indem sie >>diese genehmigt, jene zurückweist, andere anregt, bald unterdrückt oder in die richtigen Grenzen verweist<<. Die Vernunftseele wirkt also fördernd auf die Tätigkeit der Körperseele ein. Diese aber kann sich auch der Herrschaft der Vernunftseele widersetzen.“ In dem Widerstreit der zwei Seelen können sich beide wechselseitig gefangen nehmen. (Oeser, S. 68) In vielen nachfolgenden Experimenten setzt sich die unselige und grausame Praxis der Vivisektionen fort. Dabei kam auch die Auffassung auf, dass der Balken bzw. das markige Querband (Corpus callosum) der eigentliche Sitz der Seele sei.

Ein neues Kapitel in der Hirnforschung beginnt in der Zeit der Aufklärung mit dem Schweizer Mediziner und Botaniker Albrecht von Haller (1707 – 1777), der das Gehirn nicht als Organ mit Struktur und Funktion betrachtete, sondern als Gewebe. Dabei konzentrierte er sich auf die geweblichen Eigenschaften der Irritabilität (Erregbarkeit) und Sensibilität (Empfindsamkeit). Auch Haller hat sich in seinen Forschungen der Experimente bedient und einen deutlichen Beleg für die Ambivalenz der experimentellen Wissenschaft geliefert. Er schrieb: „>>Ich habe bei lebendigen Tieren von mancherlei Gattung und von verschiedenem Alter, denjenigen Teil entblößet, von welchem die Frage war; ich habe gewartet, bis das Tier ruhig gewesen ist und zu schreien aufgehört hat, und wenn es still und ruhig war, so habe ich den entblößten Teil durch Blasen, Wärme, Weingeist, mit dem Messer, mit dem Ätzsteine (Lapis infernalis), mit Vitriolöl, mit der Spießglasbutter, gereizt. Ich habe alsdann acht gehabt, ob das Tier durch Berühren, Spalten, Zerschneiden, Brennen oder Zerreißen, aus seiner Ruhe und seinem Stillschweigen gebracht würde; ob es sich hin- und herwürfe, oder das Glied an sich zöge, und mit der Wunde zuckte, ob sich ein krampfhaftes Zucken in diesem Gliede zeigte, oder ob nichts von dem allen geschähe. Ich habe die oft wiederholten Erfolge dazu aufgezeichnet, wie sie ausgefallen sind.<<“ (Oeser, S. 78)

Auf diese Weise wies er die irrtümliche Annahme, der Schmerzempfindlichkeit von Sehnen zurück und widerlegte auch jene Auffassung, dass die harte Hirnhaut empfindsam ist und Sitz aller Empfindungen sei. Er „entblößte ... sie von der Hirnschale und verbrannte sie mit dem Vitriolöl, Salpetergeist und anderen Chemikalien, zerschnitt sie mit dem Messer oder zerriss sie mit der Zange, ohne dass das Tier die geringste Empfindung zu erkennen gab. Damit bestätigte er das Ergebnis eines brutalen Versuches von Pourfour du Petit, der einem Hund mit einem Hammer mehrmals auf den Schädel schlug, sodass, wie die Autopsie nachträglich ergab, Knochensplinter in die Hirnhaut eindrangten. Dieser Hund überlebte den Versuch acht Tage lang, war zwar auf der gegenüberliegenden Seite der Schädelverletzung gelähmt, lag aber ruhig, zeigte Fresslust und verriet durch nichts, dass er Schmerzempfindungen hätte.“ (Oeser, S. 78)

In seinen weiteren Versuchen stellte Haller fest, dass auch die dünne Hirnhaut ebenso wie die graue Hirnrinde unempfindlich waren. „Nur wenn das Mark des Gehirns verletzt oder gereizt wird, entstehen >>über den ganzen Körper schreckliche Zuckungen und man bemerkt keine Ausnahme, die von der Verschiedenheit des Teiles, der gereizt wird, käme; auch hat hierin weder das große, noch das kleine Gehirn, noch das große Querband einen Vorzug. Eben dies geschieht, wenn das Rückenmark gereizt wird.<<“ (Oeser, S. 79)

Auf der Grundlage dieser Experimente wandte sich Haller gegen das Lokalisationskonzept, insbesondere auch gegen die Annahme, der Balken sei Sitz der Seele. Ebenso gibt es keinen besonderen Sitz der Lebenskräfte. Haller postulierte die Gleichwertigkeit aller Hirnteile. Deshalb wird sein Konzept auch als Äquipotenztheorie bezeichnet. Zahlreiche Forscher sei-

ner Schule setzten seine Arbeit in diesem Sinne und gegen die Lokalisationstheorie von Willis argumentierend fort. Dabei übertrafen sie sich in der Grausamkeit ihrer Experimente. Im Rahmen von Lokalisationskonzepten wurde der Sitz der Seele zumeist gleichgesetzt mit dem Zentrum der Lebenskraft. Deshalb fühlten sich die Forscher im Rahmen der Äquipotenztheorie verpflichtet, in ihren Vivisektionen das Gehirn ihrer Versuchstiere Stück für Stück abzutragen, um Nachzuweisen, dass diese Tiere jeweils noch weiterlebten und es somit keinen besonderen Ort der Seele bzw. Lebenskraft gebe. (Oeser, S. 90)

Haller hinterließ auch im französischen Materialismus der Aufklärung, wenn auch ungewollt, seine Wirkung. Julien Offrey de La Mettrie (1709 – 1751) entwarf sein Konzept vom Mensch als Maschine zum einen unter Rückgriff auf Descartes, allerdings in Kritik an dessen Dualismus, und insbesondere in Berufung eben auf die Forschungen von Haller. Er postulierte ein organisches Bewegungsprinzip das alle Lebewesen gleich einer Maschine beherrschte.

„Dieses Bewegungsprinzip ganzer Körper oder abgeschnittener Teile bringt nicht unregelmäßige, sondern sehr regelmäßige maschinenartige Bewegungen hervor. Alle animalischen, natürlichen und automatischen Bewegungen geschehen durch die Wirksamkeit dieses Prinzips, was jeder Mensch an sich selbst erfahren kann. Der Körper zieht sich maschinenmäßig bei dem Anblick eines Abgrunds zurück. Die Augenlider schließen sich bei der Drohung eines Schlages und die Pupillen verengen sich vor der Tageshelle und erweitern sich in der Dunkelheit. Ebenso sind Herz, Lunge, Magen und Mastdarm maschinenmäßig in Tätigkeit, sodass klar sein muss, dass dieses Prinzip ein Bestandteil des Organismus selbst ist. Aber auch jenes feinere Prinzip, die Quelle all unserer Gefühle, aller unserer Vergnügungen, aller unserer Leidenschaften, aller unserer Gedanken, ist nichts anders als ein Bestandteil unseres Körpers. Er hat seinen Sitz im Gehirn am Ursprung der Nerven, durch welche es seine Herrschaft auf den ganzen übrigen Teil des Körpers ausübt.“ (Oeser, S. 87)

Eine neue Phase in der neurowissenschaftlichen Forschung wurde eingeleitet durch die Entdeckung der tierischen Elektrizität. Eine große Rolle hierbei spielte die Leydener Flasche. Die Leydener Flasche ist die erste Bauform eines Kondensators, also eines elektrischen Bauelements, das die Fähigkeit besitzt, elektrische Ladung und damit Energie zu speichern.

„Das Prinzip der Leidener Flasche wurde unabhängig voneinander am 11. Oktober 1745 von ... Ewald Georg von Kleist ... und 1746 von dem Physiker Pieter van Musschenbroek in Leiden entdeckt, als sie bei Laborversuchen mit entsprechenden Anordnungen von Gläsern und Metallteilen elektrische Stromschläge erhielten. [...]

Kleist hatte bei Experimenten einen Nagel in eine alkoholgefüllte Flasche gesteckt und an eine Elektrisiermaschine¹ angeschlossen. Beim späteren Herausziehen des Nagels erhielt er

¹ Elektrostatischer Generator – mittels Reibung wird Elektrizität erzeugt.

einen kräftigen elektrischen Schlag. Musschenbroek machte eine ähnliche Erfahrung. Verschiedene Gelehrte wiederholten den Versuch und variierten die Anordnung. Johann Heinrich Winckler verlegte den Leiter von der Mitte an die Innenwand der Flasche, umgab sie mit einer Ummantelung aus Metall und experimentierte mit verschiedenen Flüssigkeiten wie Wasser, geschmolzener Butter und Wein. Ihre endgültige Form erhielt die Leidener Flasche 1748 durch die beiden Londoner Ärzte William Watson und John Bevis. Sie verzichteten beide auf die Flüssigkeit und verkleideten die Flaschenwände innen und außen mit Stanniol.“ (Wikipedia, Stichwort >>Leidener Flasche<<)

In vielfältigen Experimenten wurde die elektrostatische Aufladung an Tieren entdeckt und die so genannte tierische Elektrizität durch Galvani (1737 – 1798). „Mit seinen Versuchen an Torpedos, d.h. Zitterrochen, bei denen er auch die versorgenden Nerven durchschnitt, wodurch ebenfalls wie bei der Enthauptung die Wirksamkeit der elektrischen Organe aufgehoben wurde, kam er zur Überzeugung, dass das Gehirn aller Tiere im Stande wäre, die zur Muskeltätigkeit nötige >>tierische Elektrizität<< hervorzubringen<<, die dann vom Gehirn aus durch die Nerven in alle Körperteile ströme. Die Identität des lang gesuchten Nervenagens mit der Elektrizität war für ihn damit klargestellt.“ (Oeser, S. 94)

Die Konstruktion der Voltaschen Säule, obgleich von Volta selbst als Gegenargument gegen die >>tierische Elektrizität<<² genutzt, beförderte weitere Untersuchungen.

„Die Voltasche Säule oder auch Voltasäule ist eine von Alessandro Volta 1799/1800 entwickelte Anordnung, die als Vorläuferin heutiger Batterien im 19. Jahrhundert eine große Bedeutung als Stromquelle hatte. Sie besteht aus vielen übereinander geschichteten Kupfer- und Zinkplättchen, zwischen denen sich in bestimmter regelmäßiger Folge elektrolytgetränkte Papp- oder Lederstücke befinden. Statt Kupfer wurde auch Silber, statt Zink auch Zinn verwendet.“ (Wikipedia, Stichwort >>Voltasche Säule<<)

Galvanis Neffe Giovanni Aldini (1762 – 1834) tat sich hierbei besonders hervor. Er experimentierte mit Köpfen von frisch geschlachteten Tieren und auch mit Köpfen von Menschen, die enthauptet wurden oder eines natürlichen Todes gestorben sind. (Oeser, S. 97f.)

„Gewöhnlich ging er so vor, dass er den einen Draht in das mit Kochsalzwasser angefeuchtete Ohr oder Nasenloch steckt und den Draht an verschiedenen Stellen des freigelegten Gehirns anlegte. Alle diese Hirnabschnitte, besonders aber der Balken und das Kleinhirn, erwiesen sich als sehr erregbar, indem bei Schließung und Öffnung des Stromes Zuckungen in der Gesichts- und Extremitätenmuskulatur hervorgerufen wurden. In einer seiner Schilderungen der Versuche an Menschenköpfen heißt es: >>Ich entblößte die Rindensubstanz der linken Gehirnhälfte und brachte diese und das rechte Ohr in die Kette; die Bewegung zeigte sich an der rechten Seite des Gesichts sehr deutlich<<.“ (Oeser, S. 98)

² Er bezeichnete diese als Kontaktelektrizität. (Oeser, S. 97)

Die Einführung der Guillotine 1792 führte zu einer „regelrechten Konjunktur“ dieser Experimente. (Oeser, S. 98f.)

Nach der durch den König verordneten Einschränkung solcher Versuche in Preußen ist ein wachsendes moralisches Verantwortungsbewusstsein bei den Ärzten zu verzeichnen. Christoph Wilhelm Hufeland (1762 – 1836) äußerte sich wie folgt: „>>Es ist möglich ja sogar wahrscheinlich, dass ein enthaupteter Kopf, wenn er unmittelbar nachher mit starken Reizen behandelt wird, Empfindungen mit Bewusstsein und folglich schmerzliche Gefühle haben kann. Man kann ihn also noch nach dem Tode martern – und das ist gewiss unrecht, grausam und gegen den Willen des Gesetzes <<.“ (Oeser, S. 99)

Diese Einschätzung von Hufeland gründet in seinem vitalistischen Medizinkonzept, aus dem später die Naturheilkunde entwickelte. 1796 erschien die populärste Schrift Hufelands: „Kunst, das menschliche Leben zu verlängern“, die in der dritten Auflage 1805 den Titel „Makrobiotik“ trug. Das Konzept Hufelands kreist um den „Begriff der *Lebenskraft*, die Hufeland als innersten Grund aller Lebensvorgänge, als *Selbsterhaltungsprinzip des Organismus*, interpretierte. Als besondere Funktionen der Lebenskraft könne man eine erhaltende Kraft, eine regenerierende und neubildende Kraft, eine besondere Lebenskraft des Blutes, eine Nervenkraft, sowie solche Kräfte unterscheiden, die eine allgemeine und eine spezifische Reizbarkeit des Körpers bewirken würden. Unter *Krankheit* verstand Hufeland auf der Grundlage seines Systems jede *Störung der reizbaren Lebenskraft* durch pathogene Reize. Als sichtbare Zeichen jeder Krankheit müsse man alle Heilreaktionen der Lebenskraft auf einen spezifischen Krankheitsreiz interpretieren.“ (Eckart, S. 187) Der neue Aspekt in Hufelands Konzept besteht darin, dass für ihn die Lebenskraft wesensgleich ist mit der Heilkraft der Natur. Dieser Naturalismus, der in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in die Naturheilkunde mündete, ist in einem starken Maße auf den Einfluss von Rousseau zurückzuführen.

Grundlegende konzeptionelle Spannungen bestanden also zwischen:

- Kardio- und zephalozentrischen Konzepten, insbesondere in der Antike,
- Mechanistischen und Chemischen Konzepten,
- Lokalisations- und Äquipotenzkonzepten,
- Dualismus und Materialismus.

Die Erforschung der Architektur des Gehirns

Auch zu Beginn des 19. Jahrhunderts stand die Entwicklung der Hirnforschung im Zeichen der Kontroverse zwischen Lokalisations- und Äquipotenztheorie. Dies verbindet sich mit den Auffassungen von Franz Joseph Gall (1758 – 1828) und Marie-Jean-Pierre Flourens (1794 – 1867)

„Im Unterschied zu den klassischen Lokalisationstheorien ... geht es Gall ... nicht um die Lokalisation der >>gemeinsamen Eigenschaften<< der Seelenkräfte wie >>Verstand, Gedächtnis, Urteilskraft, Vernunft, Einbildung<<, sondern um die Lokalisation spezieller Seelenvermögen oder Fähigkeiten, die sich konkret am Verhalten und an den Handlungen einzelner Menschen, aber auch einzelner Tiere beobachten lassen.“ (Oeser, S. 110)

Gall gewann seine Erkenntnisse im Wesentlichen aus verhaltenspsychologischen Beobachtungen. Er ging davon aus, dass sich das Gehirn aus vielfältigen Organen besteht, die mit den verschiedenen seelischen geistigen Fähigkeiten korrespondieren. Diese lassen sich an der Schädelformung ablesen. Solche Vermögen sind z.B. der Geschlechtssinn, die Kinderliebe, der Einheitssinn, die Anhänglichkeit, der Kampfsinn, der Zerstörungssinn etc. An der Ausprägung der jeweiligen Gehirngorgane kann man dann individuelle Charakterunterschiede bestimmen. (Oeser, S. 123)

Die bedeutendste hirnanatomische Leistung von Gall besteht in der Unterscheidung der grauen und weißen Hirnsubstanz. Dabei entdeckte er die faserige Struktur der weißen Substanz. Die graue Substanz bilde Ganglien oder Knoten. (Oeser, S. 128)

Flourens war zunächst Anhänger von Galls Phrenologie, hat sich später jedoch davon abgewandt und vertrat die Äquipotenztheorie. Er war von der funktionalen Gleichwertigkeit vor allem der Großhirnrinde überzeugt und versucht dies in zahlreichen Experimenten zu beweisen. Die Funktionsbereiche des Gehirns waren nach seiner Ansicht dreigeteilt:

„ – Die beiden Großhirnhemisphären sind der Sitz der Empfindung, des Willens, des Gedächtnisses und des Intellekts;

- das Kleinhirn ist für die Koordination der Bewegung zuständig und
 - das verlängerte Rückenmark für die vitalen Funktionen wie die Steuerung der Atmung.“
- (Oeser. S. 131)

Eine weitere Debatte entfaltete sich um die Vermutung eines Zusammenhangs zwischen den Hirngewichten und Hemisphärenwindungen und dem geistigen Vermögen, der Intelligenz. Einen klaren Zusammenhang zwischen Hirngewicht und Geistesvermögen sahen Friedrich Tiedemann (1781 – 1861) und Emil Huschke (1797 – 1858). Gern berief man sich hierbei auf

die Vermessung von Gehirnen von Geistesgrößen, wie Lord Byron, Oliver Cromwell oder von Georges Cuvier. Die Angaben waren allerdings zweifelhaft. Auch wurden Vergleiche zwischen Mensch und Tier, zwischen den Geschlechtern und Rassen angestellt. Es war insbesondere Rudolf Wagner, der durch vielfältige Untersuchungen den Zusammenhang zwischen Gehirnmasse und Intelligenz widerlegte. (Oeser, S. 138ff.)

Wagner sah hingegen, wie viele anderen Anatomen auch, einen engen Zusammenhang Hirnwindungen und geistigem Vermögen, wonach „>größere Furchenbildung, Zerklüftungen oder reichere Windungsbildung der Hirnoberfläche bei größerer Intelligenz gefunden wird<<.“ (Oeser, S. 147)

Eine wichtige Erkenntnis im Rahmen war die der bis heute gültige Lappeneinteilung der Großhirnhemisphären durch den französischen Forscher Louis-Pierre Gratiolet (1815 – 1865). (Oeser, S. 145)

Ein wichtiger Entwicklungsschritt war die evolutionäre Begründung von strukturellen und funktionalen Ähnlichkeiten der Gehirne von Tier und Mensch, d.h. die Ableitung dieser Ähnlichkeiten aus verwandtschaftlichen Beziehungen heraus, was sich natürlich mit den Namen von Charles Darwin und Thomas Huxley verbindet.

Die Untersuchung von Sprachstörungen führte zur Entdeckung der Sprachzentren, zunächst des motorischen Sprachzentrums. Nach einigen nicht unwesentlichen Vorarbeiten wird die eigentliche Entdeckung dem französischen Forscher Pierre Paul Broca zugeschrieben. (Oeser, S. 158) Als Modellfall gilt der des so genannten Monsieur Tan.

„Um 1860 herum hatte Paul Broca einen Patienten namens Monsieur Tan. „Tan“ war die einzige Silbe, die der Patient noch sprechen konnte, obwohl das Sprachverständnis nicht beeinträchtigt zu sein schien, da er durchaus noch in der Lage war, ihm gestellte Fragen zu verstehen. Durch prosodische Artikulation verschiedener Betonungsmuster, Tonhöhen und Aneinanderreihungen dieser einen Silbe versuchte „Monsieur Tan“ die Fragen zu beantworten.

Die postmortale Autopsie ergab, dass das Gehirn von Monsieur Tan zwischen dem Frontallappen und dem Temporallappen [der linken Hemisphäre, H.G.] eine Läsion aufwies. Broca folgerte daraus, dass diese Stelle maßgeblich an der Sprachproduktion beteiligt sein müsse.“ (Wikipedia, Stichwort >>Paul Broca<<)

Die Entdeckung des sensorischen Sprachzentrums, das verantwortlich ist für Sprachverstehen) wird gemeinhin Carl Wernicke (1848 – 1904) zugeschrieben. Im Prinzip hat aber schon Wernickes Lehrer Theodor Meynert (1833 – 1892) darauf hingewiesen.

Interessante Forschungen im 19. Jahrhundert gab es zum Reflexverhalten in Differenz zum Bewusstsein. Hierbei ist untersucht worden, inwiefern das Rückenmark, das Klein- und Mittelhirn jeweils auch separat ihre Funktionen erfüllte, wenn man darüberliegende Hirnschichten abtrug. Der englische Physiologe Davis Ferrier hat sich intensiv mit solchen Forschungen beschäftigt. „Wie es für Ferrier kein >>Rückenmarksbewusstsein<< gibt, so gibt es für ihn auch kein Bewusstsein im komplizierteren Reflexzentrum der Atmung und Herztätigkeit.“ (Oeser, S. 180) Die entsprechenden Reflexzentren erhalten selbstständig die jeweiligen Lebensfunktionen. Auch Mittelhirn und Kleinhirn können als Reflexzentren aufgefasst werden, „die >>in ähnlicher Weise tätig sind wie eine Maschine, welche die Fähigkeit der Selbstregulierung besitzt.<<“ (Oeser, S. 181)

Das Großhirn ist Sitz des Geistes, wobei Aufmerksamkeit und Intelligenz mit dem Stirnhirn in Verbindung gebracht wird.

Interessant ist, dass 1879 schon Ferrier im Zusammenhang mit den Leistungen des Frontalhirns auf den Fall von Phineas Gage verwies. (Oeser, S. 206)

Eine weitere Forschungsfrage war die so genannte Restitutionsfrage, die Frage, wieweit die Funktionen geschädigter Hirnbereiche durch andere Bereiche übernommen werden.

Hervorgehoben werden muss die Entdeckung und Kartierung der Assoziationszentren durch Paul Flechsig (1847 – 1929). Primäre Projektionszentren, die mit motorischen und sensorischen Leistungen in Verbindung gebracht werden, waren bekannt. Flechsig entdeckte ausgedehnte Zwischengebiete, die er Assoziationszentren nannte. Er „kam zu dem Schluss, dass >>deren Tätigkeit im Wesentlichen darin besteht, die Erregungszustände verschiedenartiger Sinnessphären zu assoziieren<<.“ (Oeser, S. 210) Sie dienen also der Integration und Verarbeitung der verschiedenen Sinnesleistungen, sind damit in gewisser Weise der Inbegriff des Geistes.

Die weitere Entwicklung ist mit der Erforschung der zellulären Bestandteile und ihrer Verknüpfungen verbunden. Die Nervenzellen wurden schon im 19. Jahrhundert entdeckt. Auch wurden Unterschiede zwischen den Ganglien, den kugelartigen Zellkörpern, und den faserigen Fortsätzen festgestellt. Camillo Golgi (1844 – 1926) leitete daraus die Schlussfolgerung ab, dass das gesamte Nervensystem ein fest verdrahtetes kontinuierliches Netzwerk bildet. In der Auseinandersetzung mit diesem Konzept wurden wichtige Fortschritte erzielt, insbesondere durch den spanischen Histologen und Anatom Santiago Ramón y Cajal (1852 – 1934). Cajal kam 1888 zu dem Schluss, dass jedes Element des Nervensystems einen autonomen Bezirk darstellt. Wie der Kontakt hergestellt wird war ihm noch unklar. Er rechnete mit einer Art elektrischer Übertragung. (Oeser, S. 215)

Begriffliche Entwicklung:

Wilhelm His führte 1889 den Begriff >>Dendrit<< ein. Wilhelm von Waldeyer bezeichnete 1891 die Einheit von Dendrit, Nervenzelle und Achsenzylinder als Neuron. Koelliker ersetzte 1896 den Begriff >>Achsenzylinder<< durch >>Axon<<.

Charles Scott Sherrington (1857 – 1952) bezeichnete die hypothetische Kontaktstelle 1897 als Synapse.

Korbinian Brodmann (1868 – 1928)

„Nach diversen Vorpublikationen, unter anderem in den Jahren 1903 und 1908, publizierte Brodmann im Jahr 1909 seine abschließenden Ergebnisse zur Zellarchitektur der Großhirnrinde (Vergleichende Lokalisationslehre der Großhirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund ihres Zellenbaues). Er teilte die Großhirnrinde nach histologischen Kriterien in 52 Felder ein, die nach ihm heute als Brodmann-Areale benannt sind. Obwohl Brodmann bereits in Ansätzen die funktionelle Bedeutung der Parzellierungen erkannte (z. B. der Area 4 als Motokortex nach den Vorbeschreibungen von Exner, 1894, und Campbell, 1903), wurde für die meisten Areale erst später klar, was sie für die Funktion des Gehirns bedeuten.“ (Wikipedia Stichwort >>Korbinian Brodmann<<)

Wilder Penfield (1891 – 1976)

„Penfield operiert in 30 Jahren als Neurochirurg etwa 750 Epilepsie-Patienten, zunächst oft ohne Erfolg: „Gehirnchirurg ist ein schrecklicher Beruf“.

Oft hat er das offene Gehirn von Patienten vor sich. Bei schwacher, elektrischer Stimulation mit einer dünnen Nadel bemerkt er, dass die Patienten keinerlei Schmerz empfinden, aber komplexe Sinneseindrücke, wie Träume oder Halluzinationen haben. Auch können an bestimmten Stellen spontane Bewegungen provoziert werden. Sprache kann gestört oder beeinflusst werden. Komplexe, visuelle Sinneseindrücke werden erzeugt. Die Patienten bilden sich ein, etwas zu sehen oder zu hören. Sie erinnern sich an längst Vergessenes.

1937 zeigt ihm Herbert Jasper einen selbstgebauten Elektroencephalograph. Zusammen mit Jasper entwickelt er eine Methode, Epilepsie-Herde zuverlässiger zu orten (Montreal-Methode).

Auch setzt er sich das Ziel, systematisch die verschiedenen Hirnregionen zu untersuchen, um Gesetzmäßigkeiten in der Zuordnung von Regionen zu Funktionen zu erkennen. Über Jahre hat er zunächst keinen Erfolg. Zu abrupt ändert sich von einem Zehntelmillimeter zum nächsten die Wirkung der Stimulation. Erst an der Zentralfurche wird er fündig. Auf der einen Seite lassen sich Muskelkontraktionen auslösen, auf der anderen Seite lassen sich Sinneswahrnehmungen derselben Körperpartien erzeugen.

Ein Denkmal setzt er sich mit einer Zeichnung der Körperprojektionen im Größenverhältnis ihrer Projektionsfelder, dem Homunculus.“ (Wikipedia Stichwort >>Wilder Penfield<<)

Literatur

Wolfgang U. Eckart, Geschichte der Medizin, Berlin 1994

Erhard Oeser, Geschichte der Hirnforschung, Darmstadt 2002

Roy Porter, Die Kunst des Heilens, Heidelberg 2000

Bruno Snell, Die Entdeckung des Geistes, Göttingen 1993