Frank Stahnisch

Auswirkungen einer morphologiebasierten Begrifflichkeit am Beispiel *Virchow*'scher Vorstellungen zur Neuroglia

„Es ist beeindruckend [so formulierte es der amerikanische Neurophysiologe *George Somjen* 1988], wenn man realisiert, wie viel von der heutigen neurobiologischen Forschung sich auf die Beantwortung von Fragen bezieht, die zum ersten Mal vor über einem Jahrhundert aufgeworfen wurden. Vieles von dem, was damals geheimnisvoll schien, ist klarer geworden, jedoch nicht, weil unsere Generation klüger wäre, als die Generationen vor uns, sondern weil wir die Mittel besitzen, die sie vermissten. Dennoch gibt es ein Feld, in dem wir heute genauso unwissend erscheinen wie unsere Vorgänger: Es ist das der Funktionen der Gliazellen." (*George Somjen;* 1988; Übers. F. S.)

Man kann über diese Äußerungen von *George Somjen* geteilter Meinung sein, und es geht mir an dieser Stelle auch nicht darum, sein Urteil über den Status der modernen Gliaforschung zu bewerten. Gleichwohl wird sich seine historische Einleitung in der von *Bruce Ransom* und *Helmut Kettenmann* 1988 neu gegründeten Zeitschrift *Glia* kaum noch mit dem rasant anwachsenden Wissen über die „Zwischenzellen" des Gehirns vergleichen lassen, wie man es in dem von beiden Neurowissenschaftlern herausgegebenen Lehrbuch *Neuroglia* rund zehn Jahre später dargestellt findet.

Als Wissenschaftshistoriker interessiert mich hier vielmehr die allgemeinere Feststellung *Somjens*, wonach sich heute immer noch eine Vielzahl der neurobiologischen Unternehmungen auf Fragen bezieht, die bereits im 19. Jahrhundert aufgeworfen wurden. Mein Beitrag konzentriert sich deshalb besonders darauf, welche Konsequenzen, aber auch welche Frakturen den Entwurf einer morphologiebasierten Begrifflichkeit kennzeichneten, der wie der Begriff der *Neuroglia* ausgesuchte Regionen des Vorstellungsvermögens der Pathologie besetzte. In welcher Weise war hier die Forschungsentwicklung durch die Person des überragenden Berliner Pathologen *Rudolf Virchow* (1821–1902) vorgezeichnet, befördert, vielleicht aber auch gehemmt worden?

Ohne jedoch in den Tenor einer Wissenschaftsgeschichtsschreibung verfallen zu wollen, welche die Erkenntnisse der heutigen Zeit zum Maßstab aller Dinge erhebt, möchte ich einige erkenntnistheoretische Prozesse herausstellen, die der naturwissenschaftlich-experimentellen Methode inhärent zu sein scheinen, und die in der Betrachtung dessen, was man gemeinhin als den wissenschaftlichen Fortschritt versteht, stärker zu beachten wären. Meine Schilderungen beziehen sich hierzu im Folgenden auf drei Bereiche: Zunächst werde ich die „Entdeckung" der Neuroglia aus dem Problemkontext der inflammatorischen Gehirnerkrankungen bei *Virchow* skizzieren. Anschließend gehe ich auf die weitere Bedeutung des Neurogliabegriffs

im Kontext seiner allgemeinpathologischen Arbeiten ein. Schließlich möchte ich einige Auswirkungen darstellen, welche die Entwicklung dieser morphologiebasierten Begrifflichkeit für das funktionelle Verständnis der Neuroglia hatte.

I. Bindegewebe – Inflammation – „Nervenkitt"

Das Mitte des vorletzten Jahrhunderts – 1858 – in der *Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre* formulierte „dauerhafte Forschungsparadigma" *Rudolf Virchows* und dessen folgerichtige Übertragung auf das Nervensystem kann für die Entwicklung der Neurowissenschaft kaum zu hoch eingeschätzt werden. Das Wissen über den Aufbau des Nervensystems aus einer Unzahl von zellulären Elementen – den Neuronen, aber auch den „Nichtnervenzellen": der Neuroglia – stellt die Basis der modernen neurobiologischen Forschung dar und ist für vielfältige physiologische und klinische Vorstellungen zentral geworden.

Virchow hatte sich bereits während seiner Würzburger Zeit – von 1849 bis 1856 – in mehreren Arbeiten intensiv mit dem Gebiet der Neuropathologie beschäftigt, so etwa mit der *Pachymeningeosis haemorrhagica interna*, den Enzephalomalazien bei Thrombosen und Embolien, der Meningitis und den Hirntumoren, den Anomalien der Gehirn- und Schädelentwicklung sowie der Amyloidose des zentralen Nervensystems (ZNS). Als er dann nach Berlin zurückkehrte, führte er 1856 in einem Nachdruck der zehn Jahre zuvor in der *Zeitschrift für Psychiatrie* erschienenen Arbeit „Über das granulierte Aussehen der Wandungen der Gehirnventrikel" den Terminus *Neuroglia* für eine besondere Art nichtneuronaler Zellen des Gehirns ein. Hatte er aber 1846 lediglich behauptet, dass es unter dem Ventrikelepithel auch Bindegewebe gäbe, so beschrieb er die Neuroglia nun als „eine Art von Kitt" bzw. als eine *funktionslose* „Zwischen-Bindesubstanz":

> „Nach meinen Untersuchungen besteht daher das Ependym nicht bloß aus einem Epithel, sondern wesentlich aus einer mit Epithel bekleideten Bindegewebsschicht, und obwohl diese sich ohne Schwierigkeit von der Oberfläche abpräpariren lässt, so bildet sie doch keine isolirte Haut im engeren Sinne des Wortes, sondern nur die über die Oberfläche hervortretende Schicht der Zwischen-Bindesubstanz der Hirnsubstanz [...]. Diese Bindesubstanz bildet in dem Gehirn, dem Rückenmark und den höheren Sinnesnerven **eine Art von Kitt** (***Neuroglia***), in welche die nervösen Elemente eingesenkt sind [...]"
>
> (*R. Virchow*, 1856, 890; Hervorhebungen F. S.)

Es ist besonders beachtenswert, dass *Virchow* als praktizierender Pathologe – und fast möchte man ihn im Anschluss an den Beitrag von Professor *Kirchner* als „Musterfinder" bezeichnen – mit entzündlichen Prozessen auch im ZNS vertraut war. So wusste er um die besondere Entzündungsneigung der Ventrikelräume des Gehirns, und es schien für ihn selbstevident zu sein, dass nur Bindegewebe Entzündungsreaktionen zeigte. Er nahm deshalb auch die Beschreibung der Neuroglia im Untersuchungskontext der Organisation von Exsudaten sowie dem Fehlen lymphatischer

Gefäße im Gehirn vor. Gleichsam mit dieser Vorstellung im Kopf machte er sich auf, eine „Zwischensubstanz" zusätzlich im Parenchym des Gehirns zu suchen. Bevor ich jedoch auf die Implikationen der *Virchow*'schen Terminologie eingehen kann, muss hier ein Exkurs zu seinem unmittelbaren Forschungskontext unternommen werden, mit dem ich seine Fragestellungen sowie die daraus hervorgehenden bildlichen und theoretischen Repräsentationen des pathologischen Gegenstands verdeutlichen möchte.

II. Knorpelgewebe – Knochengewebe – Neuroglia

Obwohl es mir in diesem Beitrag um die Darstellung *Virchows* als eines auch an neuropathologischen Fragen interessierten Wissenschaftlers geht, möchte ich zugleich darauf verweisen, wie wichtig die allgemeineren Erkenntnisse zur *Cellularpathologie* auch für seine Sicht auf das Nervensystem waren. Entscheidend ist dabei seine Suche nach einem vereinheitlichenden System der Pathologie anzusehen: So macht *Virchow* in einem 1852 gehaltenen Vortrag über einzelne Experimente zur *Identität von Knochen-, Knorpel- und Bindegewebskörperchen, sowie über Schleimgewebe* vor der *Physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg* auch eine generelle Aussage zur histologischen Verwandtschaft von Geweben, welche in gleichartiger Weise aus Zellen mit Interzellularsubstanz aufgebaut seien.

Gleichsam als eine Illustration dieses Gedankens erscheint die bildliche Repräsentation der „Neuroglia vom Boden des vierten Hirnventrikels" in der *Cellularpathologie* als ein besonderes morphologisches Muster unterschiedlicher „Grundmassetypen". So findet sich hier zum einen die Beschreibung des wachsenden Knorpelgewebes mit rundlichen Knorpelzellgruppen, die in eine Knorpelgrundmatrix eingelagert sind. Zum anderen wird ein quer durchschnittener Markkanal aus dem Schliff durch einen Röhrenknochen gezeigt, in dem in die „verkalkte Grundmasse (Intercellularsubstanz)" eingelassene Knochenkörperchen zu sehen sind. Und schließlich finden wir den freien Teil der Neuroglia *quasi* selbst – im histologischen Schnitt durch den Boden des vierten Hirnventrikels – als eine Feindarstellung amorpher Masse zwischen dem Ventrikelependym und den Nervenfasern des Gehirns angeordnet.

In einer ersten Annäherung ist man somit geneigt zu sagen, dass parenchymatöses Gewebe, das heißt Gewebe, das der spezifischen Funktion des Einzelorgans dient, für *Virchow* nicht einfach „im Raum verteilt", sondern in einer Stütz- oder Grundsubstanz „aufbewahrt" sein musste. Und – so die Analogie – wenn Knorpel- und Knochenkörperchen nicht isoliert vorkommen können, lag es nahe, dass auch die funktionalen Nervenzellen von einer solchen Stützmatrix umgeben waren.

Virchows Vorstellungen zur Neuroglia lassen sich natürlich nicht allein vor dem Hintergrund eigener Forschungsbemühungen verstehen. Vielmehr ist auch der Kontext der generellen Entwicklungen in der Neurowissenschaft zu berücksichtigen: Ende der 1880er Jahre war nämlich deutlich geworden, dass sich das Nervensystem nicht aus einem kontinuierlichen protoplasmatischen Netzwerk, sondern vielmehr aus morphologisch distinkten Nervenzelleinheiten zusammensetzte. *Wil-*

helm von Waldeyers (1836-1921) *Review* in der *Deutschen Medizinischen Wochenschrift* von 1891, in dem er das zugleich morphologische und funktionale *Neuronenkonzept* vorstellte, markierte den Siegeszug der „Neuronisten". Diese Gruppe von Wissenschaftlern, zu denen etwa der Leipziger Anatom *Wilhelm His* (1831-1904) oder der Madrider Nobelpreisträger für Physiologie und Medizin *Santiago Ramón y Cajal* (1852-1934) gehörten, waren von der Individualität der Nervenzellen überzeugt. Der *Waldeyer*'sche Neuronenbegriff, den man durchaus als eine Verlängerung der Zellularpathologie in die Neurowissenschaft verstehen kann, war aber mehr als nur ein terminologisches Signum. Es handelte sich um die Grundlegung eines neuen Denkens, das die Funktionen des Gehirns in ihrer Summe auf die Aktivität der Nervenzellen reduzierte.

In einem Zwischenresümee lässt sich somit festhalten, dass entsprechend der allgemeinen Sichtweise der Neurowissenschaft die Gründe für den Ausschluss der Gliazellen aus dem Zusammenspiel der Hirnbestandteile offensichtlich waren: In der Weise, in der das Konzept der elektrischen Erregbarkeit die physiologischen Vorstellungen von den Nervenfunktionen dominierte, wurden die Ideen über die Gliazellfunktionen – etwa Ernährung, Reparatur und Narbenbildung – von *Virchows* Vorstellung des *Nervenkitts* bestimmt. Die nach den Begriffen des 19. Jahrhunderts elektrisch inerte Neuroglia erschien hier lediglich als Unterstützungsmasse für das neuronale Netzwerk. Diese Feststellung bringt mich also zu meiner Ausgangsfrage, nämlich den Auswirkungen des morphologiebasierten Gliabegriffs, zurück.

III. Der pathologische Anatom als Herr im Tempel der Wissenschaft

Die medizinhistorische Literatur über *Virchows* ausserordentliche Bedeutung für die Etablierung der Pathologie und die Entwicklung der lokalisatorischen Perspektive in der Medizin ist inzwischen Legion. Wie bereits angedeutet, entfalteten *Virchows* Vorstellungen auch eine beispiellose Resonanz unter den Neurowissenschaftlern der Zeit. Selbst wenn hier und da einzelne Forscher, wie der Heidelberger Psychiater *Franz Nissl* (1860-1919), in morphologischer Hinsicht an *Virchows* Gliakonzept zweifelten, waren doch die meisten von ihnen bis weit in die 1920er Jahre von dessen histologischen Vorstellungen eingenommen.

Beachtlicherweise kam Widerspruch allein „aus dem eigenen Haus", nämlich aus dem Institut für Pathologie der Charité selbst: Wie *Sven Dierig* vom Berliner Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte in einer Reihe von Veröffentlichungen nachweisen konnte, schrieb bereits *Carl Ludwig Schleich* (1859-1922) der Neuroglia eine funktionell aktive Rolle im Zusammenspiel allgemeiner Hirnprozesse zu. *Schleich*, ein bis dahin annähernd vergessener Berliner Anästhesist und Chirurg, war zunächst Student, 1882 sogar für kurze Zeit Unter-Assistent im *Virchow*schen Institut. In seinem 1894 erschienenen Buch „Schmerzlose Operationen" setzte er sich explizit für die Integration der Neuroglia in ein funktionales Konzept der Hirnvorgänge ein, eine Ansicht, die noch in seinem späteren Werk „Vom Schaltwerk der Gedanken" aus dem Jahr 1916 deutlich wird:

„Die lebende Nervensubstanz hat eben weniger Ernährungs- und Saftsfüllungsfähigkeit, sie ist, wie ich behaupte, ein erektiles Gewebe, schwellbar durch die Saftfüllung, welche wir bei der Neuroglia des Gehirns eine so große Rolle im Sinne der Stromhemmung [der Nervenflüssigkeit] spielen sahen. Nur, dass man bei Nerven diese Neuroglia Neurilemm nennt und dass sie hier definitive Isolationen vollzieht, während im Gehirn diese An- und Abschwellung wechselnde Ein- und Ausschaltung von Strömen elektroider Natur bedeutet."

(C. L. *Schleich*, 1928, 241)

Zugegebenermaßen handelt es sich hier um Vorstellungen, die sich für unsere Ohren zunächst unverständlich anhören. Zu den Zeiten von *Virchow* und *Schleich* war die Interaktion zwischen Nervenflüssigkeit und elektrischer Nervenleitfähigkeit aber noch lange nicht angemessen verstanden, und es wurden viele, teilweise sehr metaphorische Konzeptionen an die Bedeutung von der elektrischen Erregbarkeit einzelner Nerven sowie der Hirnrinde geknüpft. So griffen die Vorstellungen von *Schleich* über die „wechselnde Ein- und Ausschaltung von Strömen elektroider Natur" beispielsweise auf die ältere Idee einer Abhängigkeit der Hirnfunktionen von bremsenden, inhibitorischen Einflüssen zurück.

Von einer solchen „neuroglialen Wechselwirkung" oder gar einem „Neurogliamuskel" wollte *Virchow*, der Papst der pathologischen Anatomie, jedenfalls in seinem Institut an der Berliner Charité nichts hören, und *Schleich* fühlte sich zu guter Letzt sogar „zum Tempel [der Wissenschaft] hinausgejagt". Damit hatte die funktionelle Auffassung von der Neuroglia gegenüber der morphologiebasierten Vorstellung aber keine institutionelle Basis mehr. Und die wohl einzige Rezeption durch den Berliner Pathologen *Carl Weigert* (1845-1905) in seinem Artikel „Beiträge zur Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia" aus dem Jahr 1895, sprach der *Schleich*'schen Auffassung in einer Fußnote lediglich den Wert eines „Curiosums" zu.

IV. Die Geschichte des *Virchow*'schen Neurogliabegriffs und die *Dialektik der Forschung*

Ich möchte nun die beschriebenen Forschungs- und Denkbewegungen zur Neuroglia zusammenfassen und mit dem eingangs genannten *Statement* von *George Somjen* vergleichen. Nach dem heutigen Stand der Neurowissenschaft scheinen die Zeiten vorbei zu sein, in denen Gehirne allein als Neuronen-Netzwerke gelten konnten. Das ursprünglich pejorativ benutzte Wort der *Gliologie* kennzeichnet inzwischen ein rasch wachsendes Gebiet der neurowissenschaftlichen Grundlagenforschung. So wird den neuroglialen Zellen, die die Hälfte aller Zellen des Gehirns ausmachen, heute durchaus eine Vielzahl funktioneller Eigenschaften zugeschrieben. Insbesondere ihre Lage zwischen Nervenzellen und Endothelien scheint die Neuroglia für eine Einflussnahme auf die Neurotransmission zu prädestinieren. Des Weiteren wird ihr die aktive Aufnahme von Aminosäuren sowie anderen Stoffen aus den Hirngefäßen, ein Ionentransport und eine modulatorische Wirkung auf

das Immunsystem zugeschrieben. Überholt erscheint somit auch die *Virchow*'sche Vorstellung von der „nicht nervösen Intercellularsubstanz", die die Neuroglia lediglich als einen funktionslosen „Hirnleim" oder passiven „Nervenkitt" betrachtete.

Dennoch sollen hier – wie eingangs gesagt – nicht die Auffassungen des heutigen Wissensstands evaluiert werden. Worauf es mir vielmehr ankommt, ist zum einen der Hinweis auf die Selbstverständlichkeit, mit der moderne Gliaforscher auch das Konzept der Volumenänderung der Gliazellen reanimierten, während es *Carl Ludwig Schleich* nicht gelang, sein interessantes Wirkkonzept in der Neurowissenschaft zu etablieren. Zum anderen ist bemerkenswert, dass die Gliaforschung – wenn man der Darstellung von *Somjen* folgt – noch bis in die 1980er Jahre Probleme hatte, die **Physiologie** der Glia, also ihre Gewebsfunktionen, zu erhellen. Hier scheint aus erkenntnistheoretischer Sicht bedeutsam, was *Rudolf Virchow* selbst einmal über die Beziehungen zwischen Wissenschaft und Glauben geäußert hat:

> „Jeder Fortschritt, den eine Kirche in dem Aufbau ihrer Dogmen macht, führt zu einer weitergehenden Bändigung des freien Geistes, jedes neue Dogma, welches sie zu den bestehenden Kirchengesetzen hinzufügt, verengt den Kreis des freien Denkens. Es liegt auf der Hand, dass man in dieser Entwicklung dahin kommt, jede Regung des freien Geistes zu unterdrücken, und man kann sich vorstellen, dass man in der Dogmatisierung der Welt und des Geistes allmählich dahin gelangen könnte, dass in der Tat gar kein freier Gedanke mehr zulässig erscheint. Die Naturwissenschaft umgekehrt befreit mit jedem Schritte ihre Entwicklung, sie eröffnet dem Gedanken neue Bahnen, und sie gibt damit nicht bloß jene Freude des Gewinnens, jenes Wohlsein in der Arbeit, jenen edlen Eifer in dem wirklichen Vorschreiten, sondern sie schafft damit auch dem einzelnen die Möglichkeit, in immer größerer Ausdehnung sich dem Irrtum, dem Truge der Sinne, den Illusionen, der daraus hervorgehenden unsittlichen Haltung gegenüber vielleicht zweifelhaften Erscheinungen des Lebens zu entziehen. Sie gestatte[t] mit anderen Worten dem einzelnen im vollen Maße wahr zu sein." (*R. Virchow*, 1871; zit. n. *H. David*, 1993, 282f)

Bereits der französische Wissenschaftstheoretiker *Gaston Bachelard* hat in den 1930er Jahren auf die bis in die moderne Grundlagenforschung inhärente Dialektik zwischen Innovation und geronnenem Erfahrungswissen aufmerksam gemacht. Dabei verknüpfte er die Entstehung neuer theoretischer Ansätze unmittelbar mit dem Begriff des *Erkenntnishindernisses*: Der wissenschaftliche Geist müsse selbst das überwinden, was sich ihm selbst entgegenstelle: Es sei dies buchstäblich „ein Selbsterhaltungstrieb des Denkens", eine Vorliebe für Lieblingstheorien und schnell zu erhaltende Antworten, anstatt für gründliche Fragen. Die Entwicklung einer vielversprechenden Theorie hin zu einer *quasi* dogmatischen Sichtweise ist dabei gewiss in der Medizin und der Neurowissenschaft keine Ausnahme. Und „die Meinung des einzelnen", wie *Virchow* dies selbst ausgedrückt hatte – hier am

Beispiel der Vorstellung vom *Nervenkitt* – war über lange Zeit „in vollem Maße wahr". Sie war die herrschende Lehrmeinung, an der sich nahezu alle Neurowissenschaftler der Zeit orientierten.

Man mag sich am Ende meines Beitrags fragen, warum hier *Virchow* in Bezug auf die Neurowissenschaft ein so großer Platz eingeräumt wurde. Ich hoffte jedoch, am Beispiel der Prägung des Neurogliabegriffs zum einen verdeutlicht zu haben, dass es sich hierbei um eine wesentliche Entdeckung und Erstbeschreibung in der Medizingeschichte gehandelt hat. Zum anderen wollte ich herausstellen, dass gemeinsam mit dieser Entdeckung auch eine Hemmung desjenigen Denkansatzes verbunden war, der nicht allein nach der morphologischen Verortung, sondern auch nach der funktionalen Bedeutung des so genannten „Nervenkitts" für die Neurowissenschaft fragte.

Carl Ludwig Schleich – und damit möchte ich schließen – äusserte sich noch zwanzig Jahre nach *Virchows* Tod in entsprechender Weise über diesen Mann, der s. E. Jahrzehnte hindurch der Beherrscher und Besetzer aller Lehrstühle der Medizin gewesen war. Entgegen seiner früheren Enttäuschung bleibt *Schleichs* metaphorisch gefasstes Urteil jedoch tolerant, ohne hierbei die dialektischen Züge im *Virchow*'schen Werk ganz aus den Augen zu verlieren:

> „Was er [*Virchow*] dachte, war eben ein Plus von Ganglienverbindungen aus dem Gebiet verschiedener Überschaubarkeiten. *Virchow* war aber trotz des ungeheuren Schatzes an Einzelwissen doch in gewissem Sinne dogmatisch; er selbst arbeitete deduktiv, während er sich für den Klassiker der Induktion hielt, was er gewiß auch war. So ist es gekommen, dass ein Mann, der Jahrzehnte hindurch der Beherrscher und Besetzer aller Lehrstühle der Medizin war, heute fast zu den Vergessenen gehört, der hier und da noch einmal erwähnt wird, meist zur Bekämpfung seiner Lehren, während es durch Jahrzehnte keine Seite, die von der Medizin handelte, gab, auf der er nicht fünf- bis sechsmal zitiert wurde. Ehe er es gedacht und für möglich gehalten hätte, gehört er zum Mittelalter und ist Klassiker geworden. Seine Terminologie steht, seine Lehre ist dahin. Erst ein Revolutionär mit Prometheus-Licht-Gedanken, dann eine Phase des Alleinherrschers, dann eine schwere Hemmung des Kommenden. Das ist die Tragik des Genies, und allein an diesem zwingenden Verhältnis lässt sich erweisen, wie groß er war." (*C. L. Schleich*, 1920; zit. n. *H. David*, 1993, 319)

Literatur:

Ackerknecht E H (1957): *Rudolf Virchow*, Arzt, Politiker, Anthropologe. Stuttgart: Enke

Bachelard G (1987): Die Bildung des wissenschaftlichen Geistes. Beitrag zu einer Psychoanalyse der objektiven Erkenntnis (frz. 1938). Frankfurt/M: Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft

Bauer A (1955): *Virchow, Rudolf*. In: *W U Eckart* und *C Gradmann* (Hrsg): Ärztelexikon. Von der Antike bis zum 20. Jahrhundert. München: Beck, 356f

Bauer A (1989): Die Krankheitslehre auf dem Weg zur naturwissenschaftlichen Morphologie. Pathologie auf den Versammlungen Deutscher Naturforscher und Ärzte von 1822-1872. Stuttgart: Wiss Verlagsgesellschaft (*D von Engelhardt und H Schipperges*, Hrsg: Schriftenreihe zur Geschichte der Versammlungen Deutscher Naturforscher und Ärzte, **5**)

Bechmann I, Peter S A, Beyer M, Gimsa U, Nitsch R (2001): Presence of B-7.2 (CD86) and lack of B7-1 (CD80) on myelin-phagocytosing MHC-II positive rat microglia are associated with nondestructive immunity *in vivo*. J Fed Am Soc exp Biol **15**, 1086-1088

Brazier M A (1961): A History of the Electrical Activity of the Brain in the First Half Century. London: Pitman

Breidbach O (1997): Die Materialisierung des Ichs. Zur Geschichte der Hirnforschung im 19. und 20. Jahrhundert. Frankfurt/M: Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft

Butterfield H (1973): The Whig Interpretation of History (2. Aufl.). Harmondsworth: Penguin

Canguilhem G (1997): Wissenschaftsgeschichte und Epistemologie. Gesammelte Aufsätze (frz. 1943-1971). Frankfurt/M: Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft

David H (1993): *Rudolf Virchow* und die Medizin des 20. Jahrhunderts. München: Quintessenz (In: *W Selberg* und *H Hamm*, Hrsg: Hamburger Beiträge zur Geschichte der Medizin)

Dierig S (1999): Hirngespinste am Klavier. Über ‚chopinisierte' Nervensaiten im Berliner Fin de Siècle. Göttingen: Wallstein, 50-74 (In: *M Hagner*, Hrsg: Ecce Cortex: Beiträge zur Geschichte des modernen Gehirns)

Dierig S (1994): Extending the neuron doctrine: *Carl Ludwig Schleich* (1859-1922) and his reflections on neuroglia at the inception of the neural-network concept in 1894. Trends in Neurosciences **17**, 449-452

Dierig S (1993): *Rudolf Virchow* und das Nervensystem. Zur Begründung der zellulären Neurobiologie. Berlin: Akademie-Verlag, 55-80 (In: *P Florey* und *O Breidbach*, Hrsg: Das Gehirn – Organ der Seele? Zur Ideengeschichte der Neurobiologie)

Exner S (1894): Entwurf zu einer physiologischen Erklärung der psychischen Erscheinungen. Leipzig und Wien: Deuticke

Galambos R (1961): A Glia-Neural Theory of Brain Function. Proc Nat Acad Sci USA **47**, 129-136

Hagner M (1999): Gehirnführung. Zur Anatomie der geistigen Funktionen, 1870-1930. Göttingen: Wallstein, 177-205 (In: *M Hagner*, Hrsg: Ecce Cortex: Beiträge zur Geschichte des modernen Gehirns)

Hablützel N (1966): *Carl Ludwig Schleich* und seine Gedanken über die Neuroglia (Zürcher medizingeschichtliche Abhandlungen. Neue Reihe, **35**). Zürich: Juris

Hansson E, Rönnbeck L (1990): Astrocytes in Neurotransmission. Cell Mol Biol **36**, 487-496

His W (1893): Über den Aufbau unseres Nervensystems. Verh Ges Dtsch Naturf und Ärzte **65**, 39-67

Kandel E R, Schwartz J H, Jesell T M (Hrsg, 3. Aufl 1995): Neurowissenschaften. Eine Einführung. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag

Kettenmann H, Ransom B R (Hrsg, 1995): Neuroglia. New York – Oxford: Oxford University Press

Kohl, E W (1976): *Virchow* in Würzburg. Hannover: Horst Wellm (Würzburger medizinhistorische Forschungen, **6**)

Kreutzberg G W (1996): Microglia: a sensor for pathological events in the CNS. Trends in Neurosciences **19**, 305-318

Laming P, Sykova E, Reichenbach A, Hatton G, Bauer A (Hrsg, 1998): Glia Cells: Their Role in Behaviour. Cambridge – New York: Cambridge University Press

Mc Henry L C (1969): *Garrison's* History of Neurology (2. überarb. und verm. Aufl.). Springfield: Charles C Thomas

Müller C M (1992): A Role for Glial Cells in Activity-Dependent Central Nervous Plasticity? Review and Hypothesis. Int Rev Neurobiol **94**, 215-281

Pantel J (1989): Die Institutionalisierung der pathologischen Anatomie. Diss. med. Heidelberg

Peiffer J (1997): 100 Jahre deutsche Neuropathologie. Pathologe **18**, 21-32

Peiffer J (2001): Neuropathologie in Berlin. In: *B Holdorff* und *R Winau* (Hrsg): Geschichte der Neurologie in Berlin. Berlin – New York: De Gruyter, 39-54

Peiffer J, Schröder J M, Paulus Th (2002, 3. Aufl): Neuropathologie: morphologische Diagnostik der Krankheiten des Nervensystems und der Skelettmuskulatur. Berlin – Heidelberg – New York: De Gruyter

Pickenhain L (2002): Die Neurowissenschaft – ein interdisziplinäres integratives Wissensgebiet. Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geschichte der Nervenheilkunde **8**, 241-246

Prüll C-R (1997): Von „großen Deutschen" und „stolzen Wipfeln" – Die Lehrbücher der deutschen Medizingeschichte und die Pathologie (1858 bis 1945). Gesnerus **54** (1997), 194-218

Ransom B R, Kettenmann H (1988): Editorial. Glia **1**, 1

Robertson W F (1897): The Normal Histology and Pathology of the Neuroglia (In: relation specially to Mental Diseases). J Ment Sc, London **43**, 733-752

Schleich C L (1894): Schmerzlose Operationen. Örtliche Betäubung mit indifferenten Flüssigkeiten. Psychophysik des natürlichen und künstlichen Schlafes. Berlin: Julius Springer

Schleich C L (1916; 50.-53. Aufl. 1928): Vom Schaltwerk der Gedanken. Neue Einsichten und Betrachtungen über die Seele. Berlin: S Fischer

Schmiedebach H-P (2001): Netze oder Neurone? Berliner Beiträge zu einer Kontroverse der Nervenzellforschung um 1900. Berlin – New York: De Gruyter 23-38 (In: *B Holdorff* und *R Winau*, Hrsg: Geschichte der Neurologie in Berlin)

Shepherd G M (1991): Foundations of the Neuron Doctrine. New York – Oxford: Oxford University Press

Smith R (1992): Inhibition. History and Meaning in the Sciences of Mind and Brain. Berkeley – Los Angeles: University of California Press

Somjen G G (1988): Nervenkitt: Notes on the History of the Concept of Neuroglia. Glia **1**, 2-9

Taylor D W (1975): *Ramón y Cajal, Santiago*. (In: *C C Gillispie*, Hrsg: Dictionary of Scientific Biography, **9**, 273-276). New York: Charles Scribner's Son

Tower D B (1992): A century of neuronal and neuroglial interactions, and their pathological implications: an overview. Progr Brain Res **94**, 3-17

Virchow R (1852): Identität von Knochen-, Knorpel- und Bindegewebskörperchen, sowie der Schleimgewebe. Verh Physik-Med Ges zu Würzburg **2**, 230-284

Virchow R (1855/56, Hrsg *R Rössle* 1930): Die Vorlesungen *Rudolf Virchows* über allgemeine pathologische Anatomie aus dem Wintersemester 1855/56 in Würzburg. Jena: Gustav Fischer

Virchow R (1856): Ueber das granulierte Ansehen der Wandungen der Gehirnventrikel. Frankfurt/Main: Von Meidinger, 885-891 (In: *R Virchow*, Hrsg: Gesammelte Abhandlungen zur wissenschaftlichen Medicin)

Virchow R (1858, Nachdr 1966): Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre. Hildesheim: Olms

Young J Z (1991): The Concept of Neuroglia. Ann NY Acad Sci **633**, 1-18 (In: *N J Abbott*, Ed: Glial-Neural Interaction)

Waldeyer W (1891): Ueber einige neuere Forschungen im Gebiete der Anatomie des Centralnervensystems. Dtsch med Wschr **44**, 1213-1218

Weigert C W (1895): Beiträge zur Kenntnis der normalen menschlichen Neuroglia. Abh Senckenberg Naturf Ges **157**, 65-209

Will M (2000): *Max Bielschowsky* – Eine Bioergographie. Diss. med. Münster

Wundt W (1911, 2. durchges Aufl): Hypnotismus und Suggestion. Leipzig: W Engelmann, 1-86

Inspirationen der Medizin durch Virchow

Symposion am 19. Oktober 2002 in Erlangen
ausgerichtet vom
Institut für Geschichte und Ethik der Medizin
und vom
Pathologisch-Anatomischen Institut
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Erlangen und Jena
2003
in Kommission bei
Palm & Enke

Sitzungsberichte der Physikalisch-Medizinischen Sozietät
zu Erlangen
Neue Folge, Band 9, Heft 1, 2003
Herausgegeben im Auftrag der Sozietät von Karl-Heinz Plattig