

wenn die Insekten, den verschiedenartigen Bedingungen des Experiments ausgesetzt, gezeigt haben, dass die Theorie von der anziehenden Kraft der auffälliggefärbten Blütheile größtenteils falsch ist“. [91a]

Tiebe (Stettin).

Das Hirngewicht und die Zahl der peripherischen Nervenfasern in ihrer Beziehung zur Körpergröße.

Von **Alexander Brandt**,

Prof. d. Zool. u. vergl. Anat. in Charkow.

Veranlassung zum gegenwärtigen Aufsatz gab eine unlängst erschienene interessante Abhandlung von E. Dubois¹⁾. Derselbe erörtert das bekannte Haller'sche Gesetz, nach welchem das relative Hirngewicht mit der Größe der Tiere abnimmt, und ferner den Grad der Cephalisation des Centralnervensystems bei Tieren von ähnlichem Bau, jedoch von verschiedener Intelligenz. Das thatsächliche Material ist in mehrere Tabellen gruppiert und besteht meist aus fremden, zum Teil aber auch aus eigenen Wägungen, welche durch Berechnungen ergänzt werden. Bei Erörterung des Haller'schen Gesetzes wird auf spekulativem Wege nachgewiesen, dass bei gleicher Organisationsstufe kleinere Tiere relativ ausgedehntere Sinnesflächen mit ihren Nervenendigungen und Nervenfasern besitzen müssen und dass dem entsprechend auch die Zahl der motorischen Nervenfasern eine beträchtlichere sein müsse. Letzteres erhellt daraus, dass das Gehirn als eine Summe von Reflexbögen mit je einen sensitiven und motorischen Abschnitt anzusehen ist.

Der Verfasser nimmt mehrfach Bezug auf eine von mir bereits vor 30 Jahren verfasste Jugendarbeit²⁾. Es gereicht mir zur großen Genugthuung, dass dieselbe auch von ihm als erster Anstoß zu einer physiologischen Erklärung des genannten Gesetzes anerkannt wird. Doch kann ich mit nichten den Satz zugeben, dass zwischen unsern Auffassungen irgend ein Widerspruch herrsche. Dubois (S. 344 u. a.) nimmt nämlich irrthümlicher Weise den Ausgangspunkt meiner Betrachtungen — die Beeinflussung des Hirngewichts durch die Energie des Stoffwechsels — für deren Brennpunkt, ein Missverständnis, welches sich übrigens zum guten Teil durch meine Darstellungsweise, und zum anderen Teil durch den Umstand entschuldigen lässt, dass ihm eine

1) Sur le rapport du poids de l'encéphale avec la grandeur du corps chez les mammifères. Bull. de la Soc. d'Anthropologie de Paris 1897, p. 337—376. (Im wesentlichen bereits in holländischer Sprache in den Memoiren der Akademie zu Amsterdam, T. V, Nr. 10, April 1897) publiziert.

2) Sur le rapport du poids du cerveau à celui du corps chez différents animaux. Bulletin de la Soc. Imp. des naturalistes de Moscou, T. XL, 1867, II, p. 525—543. Dasselbe russisch in: Arbeiten (Sbornik) der I. Versamml. russ. Naturforscher zu St. Petersburg, 1867.

zweite Mitteilung von mir ¹⁾ unbekannt geblieben. Diese enthält einige thatsächliche Daten über die Zahl der Nervenfasern bei zwei einander nahe stehenden, der Größe nach verschiedenen Tieren (im Nervus ischiadicus der Ratten und Mäuse nämlich).

Ehe wir fortfahren, sei es mir vergönnt, den weiteren naturwissenschaftlichen Leserkreis in möglichster Kürze im Gebiet unseres Themas zu orientieren, da dasselbe auf ein allgemeineres Interesse Anspruch erheben darf.

Bereits bei Schriftstellern zu Anfang dieses Jahrhunderts, ja bei noch früheren, finden sich Zusammenstellungen über das Hirngewicht bei Tieren, welche deutlich darlegen, dass dies Gewicht, mit Zunahme der Körpergröße, zwar absolut gleichfalls zunimmt, jedoch in einem viel geringeren Grade, also relativ sich verkleinert. Mit anderen Worten, von zwei einander systematisch nahe stehenden, ähnlich gebauten (und annähernd psychisch gleich begabten), jedoch der Größe nach verschiedenen Tieren, hat das kleinere einen bedeutenderen Prozentsatz an Gehirn aufzuweisen. Je beträchtlicher die Differenz in Gewicht oder Volum des Körpers, desto prägnanter ist dieses umgekehrte Verhältnis zwischen Körper- und Hirngröße. Es gelang mir in den bezüglichen tabellarischen Zusammenstellungen bis auf Albert von Haller ²⁾ zurückzugehen, woher sich die schon oben angewandte Bezeichnung „Haller'sches Gesetz“ empfehlen lässt. Bei welcher Veranlassung dieses später nahezu in Vergessenheit geratene Gesetz dem Schweinsleder, den Bücherskorpionen und Bücherläusen entrissen wurde, mag der besonders geneigte Leser aus meinem eingangs zitierten Aufsätze ersehen. Das Gesetz musste ans Tageslicht, weil seiner eine fertige Erklärung harrte. Letztere war ihrerseits durch die damaligen Fortschritte in der Physiologie des Centralnervensystems vorbereitet. Das Gehirn hatte aufgehört ausschließlich Seelenorgan zu sein. Man hatte darin anderweitige Centren entdeckt, wie die Reflexcentren, die Reflexhemmungscentren (letztere neuerdings meist in Abrede gestellt), regulatorische Centren für die Herzthätigkeit, das Respirationscentrum u. d. m. Die Erklärung des Haller'schen Gesetzes referiere ich hier möglichst wörtlich nach meinem zweitgenannten Aufsatz. „Zunächst ist das Gehirn als Aggregat von Centren aufzufassen, welche, unter Vermittelung von Nervenfasern, vegetativen Prozessen vorstehen, dem

1) Ueber die Zahl der Nervenfasern bei großen und kleinen Tieren. Russisch in: Arbeiten d. St. Petersburger Naturforschergesellschaft, Bd. II, 1871, S. 201—206. In der Taschenberg'schen Bibliotheca zoologica, II, S. 634 lesen wir: „Ueber die Zahl der Nervenfäden bei dicken (!) und kleinen Tieren“. Ein Referat wurde von mir der Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Dresden (1868) unterbreitet, wobei auch die betreffende Tabelle (s. u.) vorgezeigt wurde.

2) Elementa Physiologiae, 1762, T. IV, S. 8.

Kreislauf, der Atmung, der Verdauung u. d. m. Mithin muss seine Größe mit der Energie der genannten Prozesse in Verbindung stehen. Da nun aber kleinere Tiere — wegen ihrer verhältnismäßig ausgehnteren Abkühlungsfläche — zur Aufrechterhaltung der normalen Körpertemperatur gezwungen sind auf jede Gewichtseinheit des Körpers mehr Arbeit zu leisten als die größeren (und solche in der That auch leisten), so ist es begreiflich, warum ihr Gehirn verhältnismäßig mehr entwickelt ist. Im vorhergehenden Aufsatz wurde übrigens darauf hingewiesen, dass der Unterschied in der Intensität vegetativer Prozesse aller Wahrscheinlichkeit nach nur eines der Momente darstellt, von welchen das umgekehrte Größenverhältnis zwischen Körper und Gehirn abhängt, dass dies umgekehrte Verhältnis auch durch eine ungleiche Entwicklung der motorischen und sensitiven Hirncentren bedingt wird, wobei die kleinen Tiere, im Verhältnis zu ihrem Gewicht, eine größere Anzahl von Nervenfasern, und mithin auch eine beträchtlichere Masse motorischer und sensitiver Centren besitzen“.

„Ein Beispiel mag dies erläutern. Nehmen wir Ratte und Maus als zwei einander sehr ähnliche, und nur der Größe nach äußerst verschiedene Arten. Der weniger voluminöse Körper der Maus hat eine verhältnismäßig größere Außenfläche, mit anderen Worten, auf jedes Gramm ihres Körpers kommt durchschnittlich ein größerer Quadratraum Haut, als bei der Ratte. Da nun aber die Haut das wesentlichste Verbreitungsgebiet für sensitive Nervenfasern darstellt, so müssen letztere der Maus relativ reichlicher zugemessen sein als der Ratte. Diese Schlussfolgerung trifft zu, es sei denn, die Maus wäre ein weniger empfindliches Tier. Letztere Annahme ist schwerlich zulässig, da die Erfahrung gerade die kleineren Wesen empfindlicher und reizbarer erscheinen lässt. Mithin hätten wir mehr Veranlassung vorauszusetzen, dass auf jede Quadrateinheit Haut der Maus eine größere und nicht kleinere Anzahl sensitiver Fasern kommt“.

„Behufs einer ähnlichen aprioristischen Betrachtung inbetreff der motorischen Fasern und Centren, lassen wir unsere Ratte zweimal länger, breiter und höher sein als unsere Maus, wobei ihre Oberfläche um das Vierfache, ihr Volum und Gewicht um das Achtfache stiege. Ein beliebiger Muskel einer solchen Ratte, z. B. der Gastrocnemius, besäße alsdann gleichfalls eine verdoppelte Länge, einen vervierfachen Querschnitt und ein verachtfachtes Volum, gegenüber dem der Maus. Nun ist es aber bekannt, dass die Zahl der primitiven Muskelfasern wesentlich nicht durch das Volum sondern vielmehr durch den Querschnitt eines Muskels bedingt wird; da nämlich, wenigstens in kleinen Muskeln, sich die Fasern ihrer ganzen Länge nach hinziehen. Enthielte mithin der Gastrocnemius unserer Maus 1000 Fasern, so muss jener der der Ratte 4000 enthalten, und nicht etwa 8000, welche sein Volum und das des Tieres voraussetzen ließen. So hätte also die Maus eine

relativ größere Zahl von Muskelfasern aufzuweisen. Nun wird aber jede dieser Fasern von einem einzigen oder einer bestimmten Anzahl von Nervenfasern versorgt; woher denn der Maus auch eine relativ größere Anzahl dieser Fasern zugute kommen muss. Der Zahl der Nervenfasern hat seinerseits auch die Zahl der Nervenzellen, und mit hin auch das Volum der motorischen Hirncentren zu entsprechen“.

„Alles soeben Gesagte weist darauf hin, dass eine Korrelation bestehen muss zwischen dem relativen Hirngewicht und der Anzahl aller Arten von Fasern in den Nervenstämmen“.

Zur Prüfung dieser Deduktion beschränkte ich mich einstweilen auf Zählungen der Fasern im Nervus ischiadicus von Ratten und Mäusen, bei denen das Nettogewicht des Körpers, sowie das Hirngewicht bestimmt wurden. Die Fasern zählte ich an Querschnitten, und zwar nach einer schon damals mehrfach praktizierten Methode, nämlich mit Beihilfe eines netzförmig gravierten, ins Ocular eingefügten Glasplättchens. Da die Nervenfasern nur bei einer starken Vergrößerung sicht- und zählbar werden, die Flächenausdehnung der Querschnitte der Nervenstämmen hingegen nur bei einer schwächeren Vergrößerung ganz übersehen und gemessen werden konnten, so musste eine Vergrößerung auf die andere zurückgeführt werden und ließen sich überhaupt nur annähernde Werte für die Faserzahl ermitteln.

Beifolgend reproduziere ich meine auf dem angegebenen Wege erhaltene Tabelle, indem ich ihr die letzte Kolonne nachträglich hinzufüge.

		Körpergewicht in Grammen	Hirngewicht		Fasern des N. ischiadicus.		
			in Grammen	in % des Körpers	Absolute Zahl	Auf 100 g Körper	Auf 100 g Gehirn
Ratten	I.	357	2,11	0,6	8500	2400	402843
	II.	309	2,15	0,7	10400	3400	483721
	III.	254	2,17	0,8	9000	3500	414746
	IV.	122	1,78	1,5	6500	5300	365168
Mäuse	V.	14	0,42	2,9	3600	25000	857143
	VI.	9,6	0,40	4,0	2600	27000	650000

„Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, dass bei den von mir untersuchten Ratten (es waren Wanderratten, *M. decumanus*) das Körpergewicht 10- und 20mal beträchtlicher als das der Mäuse, während die Faserzahl des N. ischiadicus eine nur 3- bis 5mal größere war. Im Verhältnis zur Körpergröße besaßen demnach die Mäuse 3- bis 4-, ja selbst bis 5mal mehr Nervenfasern. Dieses Resultat ist anschaulich in der vorletzten Kolonne der Tabelle dargestellt, wo die Zahl der Ischiadicusfasern auf je 100 g Körper berechnet sind. Die Hirnquantität betrug bei den Ratten $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$ %, bei den Mäusen 3 und 4 %, war also bei letzteren annähernd 3- bis 4mal bedeutender“.

„Obgleich die angeführten Beobachtungen offenbar noch sehr gering an Zahl, so gaben sie nichts desto weniger dermaßen prägnante Resultate, dass ich nicht die Richtigkeit des folgenden Satzes bezweifle: bei miteinander verwandten Tieren ist die Zahl der Fasern in den entsprechenden Nervenstämmen der relativen Hirnquantität proportional, so dass dem kleineren Tier eine verhältnismäßig größere Zahl von Nervenfasern zukommt“.

Des weiteren wird auf die unter der Leitung von Purkinje verfasste Dissertation von David Rosenthal hingewiesen, welcher die Fasern der Hirnnerven (mit Ausnahme des I., II. und VIII. Paares) beim Menschen, dem Rind und Schaf zählte. Leider blieb er uns eine Gewichtsangabe für Körper und Gehirn der Tiere schuldig. Versuchen wir diese Lücke durch die plausible Annahme auszufüllen, das Rind wäre mindestens 10mal schwerer als das Schaf gewesen, so lässt sich aus den Rosenthal'schen Ziffern erschließen, das Schaf hätte in seinen betreffenden Hirnnerven relativ $2^{1/2}$ - bis 3mal mehr Fasern besessen.

„Mich vorläufig weiterer Schlussfolgerungen aus obigen Beobachtungen enthaltend, weise ich nur noch auf die wichtigen Fragen auf dem Gebiet der Anthropologie und Psychologie hin, deren Lösung sie fördern könnten, selbstverständlich bei einer fortgesetzten Bearbeitung. Hierher gehören die Fragen: worauf beruht der Zusammenhang zwischen der absoluten und relativen Gehirnquantität und dem Ausbildungsgrade psychischer Thätigkeit? Gibt es im Gehirn ein spezielles Organ als Sitz der Psyche, wie manche annehmen, oder ein solches Organ existiert nicht (um so mehr, da die Psyche als geistiges Wesen betrachtet, seiner nicht zu bedürfen scheint)? Ist nicht vielmehr das Gehirn lediglich und allein als centrale Verbindung peripherischer Nervenapparate zu betrachten? Im letzteren Falle wäre es ganz und gar ein Ausdruck der von ihm ausstrahlenden Nervenfasern, mit deren Zahl und Anordnung der größere oder geringere Ausbildungsgrad psychischer Verrichtungen in Zusammenhang stände. Dies alles sind freilich noch äußerst dunkle Fragen; doch je dunkler sie sind, desto weniger dürfen wir neue Untersuchungsmethoden missachten, welche so oder anders zu ihrer Aufklärung beitragen können“.

Der soeben referierte kleine Aufsatz sowohl, als auch der ihm vorangegangene über die Beziehung zwischen Hirn- und Körpergewicht, sind lediglich vorläufige Mitteilungen und schon als solche skizzenhaft. Wenn ihnen keine detaillierten Untersuchungen nachfolgten, so hat dies seinen guten Grund. Es erwies sich nämlich bei persönlichem Verkehr, dass zwei hochverdiente Männer, welche unlängst den Schau- platz menschlicher Thätigkeit verlassen, Rud. Leuckart und Herm. Welcker, ein Werk geplant hatten über die Gewichtsverhältnisse der tierischen Organe. Als leitender Grundgedanke diente die bereits

in der Bergmann-Leuckart'schen vergleichend - physiologischen Uebersicht des Tierreichs hervorgehobene Wichtigkeit des Verhältnisses zwischen Volum und Oberfläche für die Organisation der Tiere. Die Ausführung der Arbeit hatte Welcker übernommen und schon im Jahre 1868 sah ich bei ihm ein umfassendes, jahrelang mit musterhafter Sorgfalt gesammeltes und kritisch gesichtetes Material. Es wäre thöricht, ja für einen jungen Mann vermessen gewesen von neuem unabhängig zusammentragen zu wollen, was ein so exakter Forscher bereits in so großem Maßstabe mühevoll zusammengetragen. Mit Vergnügen ging ich daher auf den Vorschlag Welcker's ein, mich bei der Bearbeitung seiner Monographie zu beteiligen, und zwar hauptsächlich am Abschnitt über das peripherische Nervensystem. Das Welcker'sche Material harrt wohl noch heute in dessen Nachlass eines Bearbeiters. Den mir zugedachten Teil habe ich viele Jahre später insofern gefördert, als ich einen meiner Schüler, den Tierarzt Ph. Waszkiewicz¹⁾ veranlasste als Thema zu seiner Magisterdissertation eine weitere Ausführung meiner oben so eingehend referierten kleinen Arbeit über die Zahl der Nervenfasern zu wählen. Mit bestem Gewissen kann ich attestieren, dass Waszkiewicz mit großem Fleiß und musterhafter Sorgfalt gearbeitet und mithin ein empfehlenswertes Material gewonnen. Leider erschien bisher über seine Arbeit in einer dem Westen zugänglichen Sprache nur eine gar zu kurze vorläufige Mitteilung²⁾. Es sei mir daher vergönnt, hier die Unterlassungssünde von Schüler und Lehrer durch ergänzende Auszüge wenigstens einigermaßen zu sühnen.

Hierbei mag es nicht überflüssig erscheinen zunächst einige der von Waszkiewicz benutzten vorhergehenden Arbeiten zu erwähnen. Stilling³⁾ weist hin auf die numerischen Beziehungen zwischen den Fasern der Rückenmarkswurzeln und denen auf Rückenmarksquerschnitten beim Menschen und Kalbe. Birge⁴⁾ stellte sorgfältige Zählungen der Fasern in den motorischen und sensitiven Rückenmarkswurzeln und der Ganglienzellen im Rückenmarke bei Fröschen an. Woischwillo⁵⁾ studierte an menschlichen Leichen das numerische

1) Materialien zur Frage über die Zahl der peripherischen Nervenfasern in ihrem Verhältnis zum Körpergewicht bei Säugetieren. Charkow 1888. Russisch in: Arbeiten d. Charkower Veterinärinstituts.

2) Ph. Waszkiewicz, Zur Frage über die Beziehung zwischen der Zahl der Fasern in den Nervenstämmen und dem Körpergewicht bei Säugetieren. Anatom. Anzeiger, III, 1888, Nr. 7, S. 206—208.

3) Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks. Cassel 1856—59.

4) Die Zahl der Nervenfasern und der motorischen Ganglienzellen im Rückenmark des Frosches. Archiv f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt., 1882, S. 686—688.

5) Materialien zum Studium des Nervenkalibers in der Haut und den Muskeln des Menschen. St. Petersburg, 1883, Dissertation, Russisch.

Verhältnis der Nervenfasern zu den von ihnen versorgten Muskeln und Haut und kam hierbei zum Ergebnis, die Zahl der Fasern sei eine beträchtlichere in jenen Nerven, welche sich in rasch kontrahierenden Muskeln, so z. B. in den Augenmuskeln verbreiten. Die Zahl der zu den Muskeln der oberen Extremität hinziehenden Nervenfasern hält die Mitte zwischen denen der Augenmuskeln und Unterextremität-Muskeln. Was die sensitiven Fasern anbetrifft, so versorgen sie in bedeutend größerer Zahl empfindlichere Hautabschnitte als minder empfindliche. Die Arbeit von Woischwillo lässt sich um so mehr den sich für den Kreis unserer Betrachtungen Interessierenden empfehlen, als darin auch Gewichtsangaben teils für die ganze Leiche, teils für die betreffenden Extremitäten angeführt werden.

Inbetreff der wesentlichsten von Waszkiewicz selbst gewonnenen Resultate verweise ich auf das oben zitierte Referat im anatomischen Anzeiger und ergänze dasselbe hier zunächst, zum Beleg sowohl, als auch zum Nutzen der sich speziell mit dem betreffenden Thema Befassenden durch seine allgemeine Uebersichtstabelle [s. S. 482].

Was etwa noch nach Erscheinen der Arbeit meines Schülers in Bezug auf die Zahl der Nervenfasern zutage gefördert, sehe ich mich bei dieser Gelegenheit nicht veranlasst zu eruieren. Das Angeführte genügt schon an sich die Annahme von Dubois (S. 354) zu widerlegen, als fehlten in der Litteratur fast vollständig Angaben über die Zahl der Nervenfasern, verwertbar für die von ihm unternommenen Untersuchungen. Selbst meine eigene oben reproduzierte Tabelle über die Zahl der Ischiadicusfasern bei Ratten und Mäusen dürfte, trotz ihrer Dürftigkeit, dennoch ausreichen, die von mir gegebene Erklärung des Haller'schen Gesetzes ihres anfangs hypothetischen Charakters zu entkleiden.

Schon diese Tabelle macht augenscheinlich, was Dubois rein theoretisch erörtert, nämlich, dass die Maus, gegenüber der Ratte, nicht bloß relativ mehr kutane Nervenfasern besitzen dürfte, sondern ihrer auch auf jeden Quadracentimeter Haut absolut mehr besitzt. Setzen wir — um in runden Zahlen zu rechnen — das ungefähre Gewicht einer Maus gleich $\frac{1}{27}$ des einer Ratte, so beträge die Oberfläche der Maus etwa $\frac{1}{9}$ der der Ratte. Nun beträgt aber die Zahl der Ischiadicusfasern bei der Maus nicht $\frac{1}{9}$, sondern $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Faserzahl der Ratte. Mithin kämen in der That auf jeden Quadracentimeter Mäusohaut 3- bis $4\frac{1}{2}$ mal mehr Nervenendigungen (selbstredend, unter Voraussetzung eines konstanten numerischen Verhältnisses zwischen sensitiven und motorischen Fasern). So fällt uns eine von Dubois des langen und breiten theoretisch erschlossene Thatsache von selbst, durch Beobachtungen gestützt, in den Schoß.

Von Interesse ist auch die in der letzten Kolumne meiner Tabelle gegebene Berechnung, wie viele Ischiadicusfasern auf je 100 g Gehirn

	Körpergewicht		Hirngewicht		N. ischiadicus			N. medianus				
	in Grammen	in % des Körpergewichtes	in Grammen	in %	Sämtl. Fasern		Remack'sche F.		Sämtl. Fasern		Remack'sche F.	
					Abso- lute Zahl	Auf 100 g Kör- per	Abso- lute Zahl	In % der Mye- linf.	Abso- lute Zahl	Auf 100 g Kör- per	Abso- lute Zahl	In % der Mye- linf.
<i>Plecotus auritus</i> (männl.)	7,85	2,67	0,24	2,67	2489	31705	—	—	2232	28433	—	—
" Maus (männl.) (weibl.)	8,83	2,83	0,25	2,83	2592	29358	—	—	2367	26804	—	—
" " (weibl.)	12,75	2,51	0,35	2,51	—	—	—	—	4790	14027	—	—
" Ratte [<i>Mus rattus</i>] (männl.) jung	17,85	2,07	0,37	2,07	3186	17848	—	—	2476	13821	—	—
" " (männl.)	94,24	4,63	1,73	4,73	7543	8024	—	—	3382	3598	—	—
" " (männl.)	104,84	4,66	1,66	4,58	7648	7284	—	—	3429	3266	—	—
" " (männl.)	432,34	4,68	1,68	4,19	7771	5887	—	—	3500	2652	—	—
" Kaninchen (weibl.) 3 Monat	636,50	6,20	6,20	0,94	14270	2174	6077	42	4614	702	1786	38
" " (weibl.) alt	1083,00	6,75	6,75	0,63	14918	1403	6071	40	4872	462	1937	39
" Steppenmurmeltier (männl.) jung	2837,00	11,50	11,50	0,40	26450	922	—	—	7706	272	—	—
" Katze (weibl.) 1 Monat	597,00	21,20	21,20	3,55	24009	4021	—	—	7219	1209	1212	17
" " (weibl.) 7 Monat	1903,77	25,50	25,50	1,34	28571	1501	8320	29	8359	465	2377	27
" " (weibl.) 8 Jahr	2022,00	25,40	25,40	1,24	28855	1427	—	—	8950	443	—	—
" Hund, rasselos (weibl.) 2 Wochen	946,00	30,88	30,88	3,26	26162	2779	—	—	5642	596	—	—
" " (männl.) 1 Monat	1579,00	41,50	41,50	2,61	28869	1828	—	—	5845	370	—	—
" " Bologneser (weibl.) 14 Jahr	2695,00	57,40	57,40	2,13	29675	1101	9543	31	6004	223	1560	29
" " Pinscher (männl.) 2 Jahr	3577,00	59,90	59,90	1,67	31782	886	—	—	6468	181	—	—
" " rasselos (weibl.) 4 Monat	4875,49	70,30	70,30	1,40	34185	702	—	—	7612	156	2491	32
" " (weibl.) 5 Monat	8887,36	74,50	74,50	0,84	37067	417	—	—	—	—	—	—
" " " (männl.) 2 Jahr	9194,50	70,00	70,00	0,76	—	—	—	—	8384	91	—	—
" " " (männl.) 2 Jahr	10696,40	65,80	65,80	0,61	26339	340	—	—	7052	66	—	—
" " " (männl.) 7 Jahr	11338,60	70,50	70,50	0,62	—	—	—	—	8642	75	—	—
" " " (männl.) 4 Jahr	13773,20	69,80	69,80	0,50	39874	290	—	—	8673	63	4009	41
" " rasselos (weibl.) 7 Jahr	15132,00	74,50	74,50	0,46	40967	271	—	—	—	—	—	—
" " Setter (männl.) 3 Jahr	19231,80	84,20	84,20	0,43	45293	235	—	—	9442	49	3719	39
" " " (männl.) 11 Jahr	20645,77	91,20	91,20	0,44	50822	246	—	—	10369	50	3770	36
" " Neufundländer (männl.) 3 Jahr	34398,00	—	—	—	56114	163	—	—	—	—	—	—

kommen. Bei ausgewachsenen Ratten scheint diese Zahl eine ziemlich konstante zu sein. Die Maus Nr. V besaß auf je 100 g Gehirn noch einmal so viel Fasern als die Ratten, eine Thatsache, welche mit der relativ bedeutenderen Flächenausdehnung der (ebenso dicken) grauen Hirnsubstanz bei der Maus in Zusammenhang gebracht werden kann. Die junge Ratte Nr. IV und die ebenfalls junge Maus Nr. VI rechnen hier nicht mit. Ein annähernd konstantes Verhältnis zwischen der Zahl der Ischiadicusfasern und dem Hirngewicht der Ratten und Mäuse lässt sich auch nach der Tabelle von Waszkiewicz berechnen. Die Maus von 17,85 g Körpergewicht besaß auf 100 g Gehirn 861081 Ischiadicusfasern, die Ratte von 104,84 g — 460722 und die von 132,34 g — 462558. Diese Ziffern stimmen auffallend mit den meinen überein.

Nehmen wir nun die Tabelle von Waszkiewicz nochmals zur Hand und machen daraus folgenden, sich auf die Hunde beziehenden Auszug, welchen wir durch Berechnung der Ischiadicus- und Medianusfasern auf je 100 g Gehirngewicht vervollständigen.

	Körper-G. in Grammen	Gehirn		Ischiadicus-Fasern			Medianus-Fasern		
		in Grammen	auf 100 g Körper	Abso- lute Zahl	auf 100 g Körper	auf 100 g Ge- hirn	Abso- lute Zahl	auf 100 g Körper	auf 100 g Ge- hirn
rasselos w. 2 W.	946,00	30,88	3,26	26162	2779	84721	5642	596	18270
" m. 1 M.	1579,00	41,50	2,61	28869	1828	69564	5845	370	14084
Bologneser w. 14 J.	2695,00	57,40	2,13	29675	1101	51698	6004	223	10459
Pinscher m. 2 J.	3577,00	59,90	1,67	31782	886	52891	6468	181	10798
rasselos w. 4 M.	4875,49	70,30	1,40	34185	702	48627	7612	156	10828
" w. 5 M.	8887,36	74,50	0,84	37067	417	49754	—	—	—
" m. 2 J.	9191,50	70,00	0,76	—	—	—	8384	91	11977
" m. 2 J.	10696,40	65,80	0,61	26339	340	40029	7052	66	10977
" m. 7 J.	11338,60	70,50	0,62	—	—	—	8642	75	12258
Pudel m. 4 J.	13773,20	69,80	0,50	39874	290	57126	8673	63	12425
rasselos w. 7 J.	15132,00	74,50	0,46	40967	271	54980	—	—	—
Setter m. 3 J.	19231,80	84,20	0,43	45293	235	53792	9442	49	11212
" m. 11 J.	20645,77	91,20	0,44	50822	246	55726	10369	50	11369

Auch aus dieser Tabelle ergibt sich sofort, dass die Zahl der Ischiadicus- und Medianusfasern auf je 100 g Gehirn (nicht Körper) bezogen, bei ausgewachsenen Tieren eine auffallend konstante ist. Die relativ geringste Zahl von Nervenfasern besaß das Bologneserhündchen, trotz seines durch ein geringes Körpergewicht bedingten hohen Prozentsatzes an Gehirn. Die größte Zahl von Nervenfasern auf je 100 g Gehirn kam dem Pudel zu. Der Bologneser ist notorisch eine der dummsten, der Pudel wohl die klügste Rasse. Es drängt sich hier die Hypothese einer direkten Abhängigkeit der intellektuellen Begabung von den Sinnesorganen auf, welche letztere ja die elementaren, ursprünglich einzigen Pforten des psychischen Rohmaterials darstellen. Ein

sehr passendes einschlägiges vergleichendes Untersuchungsobjekt wären die Nerven des Menschen und der anthropoiden Affen, namentlich die des ihm an Größe nicht nachstehenden Gorilla. Wenn sich unter den in vorstehender Tabelle registrierten Hunden ein Straßenhund findet, welcher dem Pudel sehr wenig in seiner relativen Anzahl von Nervenfasern nachsteht, so braucht uns das an und für sich noch nicht irre zu machen, da unter den Straßemischlingen psychisch sehr bevorzugte Individuen vorkommen. Die etwa vor 20 Jahren in ganz Europa Aufsehen erregenden, von einem Herrn Patek zur Schau gestellten phänomenal dressierten Hunde Diana, Schnapsel und Frieda waren gemeine Straßenköter.

Was nun die relative, auf die Gehirnquantität bezogene Zahl von Nervenfasern bei jungen, nicht ausgewachsenen Individuen betrifft, so lässt sich an der Hand des hier unterbreiteten Materials durchaus keine Richtschnur finden. Aus meiner alten kleinen Tabelle könnte man voreiliger Weise den Schluss ziehen, jugendliche Individuen hätten auf jede Gehirneinheit weniger peripherische Nervenfasern als die ausgewachsenen — und könnte dies damit in Zusammenhang bringen, dass das Gehirn wie in der embryonalen, so auch in der postembryonalen Periode der Ausbildung dem peripherischen Nervensystems voran-eile. Eine solche a priori verlockende Schlussfolgerung besteht jedoch nicht die Probe, auf Grund derjenigen Daten, welche aus den von Waszkiewicz mitgeteilten Ziffern berechnet werden können. So kamen seiner jungen Ratte relativ (auf die Gehirnquantität bezogen) mehr Nervenfasern als den erwachsenen zu. Für das einmonatliche Kätzchen und die ausgewachsene Katze ist die relative Faserzahl, trotz einer nicht unerheblichen Differenz im Hirngewicht, fast die nämliche, allerdings mit einem (besonders für den Ischiadicus) unbedeutenden Uebergewicht zu gunsten des erwachsenen Individuums. Was nun schließlich die 2 und 4 Wochen alten Hündchen anbetrifft, so überbieten sie gar an Zahl der Ischiadicus- und Medianusfasern, in Hirnprozenten ausgedrückt, die erwachsenen Exemplare um ein sehr Erhebliches. Allerdings verlautet nichts darüber, was etwa aus den betreffenden Hündchen mit der Zeit geworden wäre.

Zum Schluss und zur Abwehr noch einige, möglichst knapp gehaltene Bemerkungen zu dem Aufsatz von Dubois.

Ich soll vorausgesetzt haben, das Hirngewicht wüchse proportional der Körperoberfläche, während nur eine annähernd ähnliche Beziehung zwischen dieser Oberfläche und dem Hirngewicht bestehe. In einer vorläufigen Mitteilung, in welcher es darauf ankam, eine Grundidee plausibel und anschaulich darzustellen, dürfte eine etwas schematische Behandlungs- und Ausdrucksweise verzeihlich sein. Nichtsdestoweniger ist es mir nicht eingefallen, das relative Hirngewicht als eine der relativen Ausbildung der Körperoberfläche (und

der Muskelquerschnitte!) mathematisch proportionale hinzustellen. Hier- von zeugen schon die einfachsten Erwägungen, von denen ich in meiner ersten Mitteilung ausging. So berechnete ich für *Halicore Dugong* eine relative 7mal größere Gehirnquantität als für *Rhytina borealis*, während die Körperoberfläche von *Halicore* eine relativ nur 3,2mal größere als die der *Rhytina* gewesen sein dürfte.

Ueberhaupt war ich weit davon entfernt, die relative Ausdehnung der Körperoberfläche und der Muskelquerschnitte als einziges die Gehirnquantität bedingendes Moment hinzustellen. Meine vorläufige Mit- teilung hielt sich bloß innerhalb streng vorgezeichneter Grenzen: die Beziehungen zwischen Hirngewicht und Körpergröße bildeten mein Thema, und diesem blieb ich treu. Zur Erläuterung des Haller'schen Gesetzes griff ich Säugetiere und Vögel paarweise heraus, jedes Paar von annähernd gleicher Organisation und psychischer Befähigung, und verband jedes Paar durch eine Klammer. Als solche Paare wählte ich: Luchs und Katze, Ratte und Maus, Pferd und Esel, Adler und Falke, Drossel und Sperling, Gans und Ente; hingegen ist es mir nicht eingefallen, so heterogene Tiere wie z. B. Schwein und Katze oder Adler und Ente, welche sich ja auch der Größe nach genugsam unterschieden, gegeneinander zu halten. Dass der Gorilla bei annähernd gleicher Körpergröße ein circa dreimal kleineres Gehirn als der Mensch besitze, war vor dreißig Jahren ebensogut bekannt wie heutzutage¹⁾, und an anderweitigen analogen, wenn auch weniger auffälligen Bei- spielen, war kein Mangel.

„Der andere Weg“, auf welchen Dubois (S. 348) — angeblich im Gegensatz zu mir — eine Beziehung zwischen Hirngewicht und Aus- dehnung der Körperoberfläche gewinnt, ist, wie schon aus dem Ein- gangs Angeführten ersichtlich, im wesentlichen gleichzeitig der meine. Eine Hauptprämisse von Dubois bildet die moderne Betrachtung des Gehirns lediglich als eine Summe von Reflexbogen; doch wurde dies von Manchen bereits zu jener Zeit gelehrt, als ich meinen Aufsatz über das Haller'sche Hirngesetz schrieb, ja mein Lehrer Setschenow ver- suchte schon damals in lichtvoller Weise sogar die psychische Thätigkeit auf modifizierte Reflexerscheinungen zurückzuführen. Keineswegs im Widerspruch mit der von Dubois betonten Auffassung des Gehirns glaube ich auch das von mir l. c. (S. 536) Angeführte. Dasselbst wird auf eine Reihe von von Hirncentren hingewiesen, welche „evident-ma- teriellen“ Prozessen vorstehen, während die Experimentalphysiologie über psychische Centren nichts Positives auszusagen weiß und einige Physiologen sogar die Idee verteidigen, dass spezifisch-psychische

1) Das relativ größte Gehirn, welches vielleicht jemals bei einem erwach- senen Wesen beobachtet wurde, dürfte der von mir beschriebenen Syrierin Marie Gasal zukommen. Ein extremer Fall rachitischer Verkrüppelung. Arch. f. pathol. Anat., 104 Bd., 1886, S. 540–548.

Centren vielleicht gar nicht existieren, dass die psychischen Erscheinungen nichts weiter sind als Modifikationen anderweitiger organischer Hirnprozesse oder das Produkt ihrer Zusammenwirkung¹⁾“. Hierzu noch in Parenthese: „Ich hoffe, dass der Leser hieraus nicht den Schluss ziehen wird, als hielte ich es für möglich, einen Zusammenhang zwischen der Hirnmasse und den psychischen Fähigkeiten zu leugnen. Diese Bemerkungen werde ich in der ausführlichen Arbeit näher auseinanderzusetzen versuchen“. In welchem Sinne dieses etwa geschehen sollte, erhellt aus allem vorstehenden zur genüge. Dass sich am Aufbau des Gehirns somatisch-psychische Centren wesentlich beteiligen, wurde von mir also keineswegs ignoriert, wie man leicht aus dem Aufsatz von Dubois entnehmen könnte. Meinerseits möchte ich darauf aufmerksam machen, dass unser Autor die vegetativen Centren im Gehirn, wie mir scheint, gar zu sehr unterschätzt. Atmungs-, Kreislaufs- und Verdauungsorgane werden vom Gehirn aus beherrscht und beanspruchen ihren Anteil an grauer und weißer Hirnsubstanz, beeinflussen mithin das Hirngewicht direkt. Bei Tieren mit stark entwickelten Hemisphären -- vor allem beim Menschen -- mag diese Beeinflussung allerdings von keinem großen Belang sein. Ob alle diese Centren -- so namentlich das Atmungscentrum -- reflektorisch wirken, ist noch die Frage.

Unser Verfasser (S. 355) ist offenbar der Meinung, ich hätte bei der Abschätzung der motorischen Nervenfasern als notwendige Prämisse an der alten Ansicht von Kölliker festgehalten, die Muskelzellen seien stets (toujours) so lang wie der ganze Muskel. Wird dieses „stets“ auch nicht mir ausdrücklich zugeschrieben, so würde es -- wenn ich es wirklich gebraucht hätte, was nicht der Fall -- immerhin meinen Betrachtungen eine gewisse Färbung verleihen.

Schon damals, vor mehr als dreißig Jahren, verfügten wir -- namentlich für den Frosch -- über den Nachweis, die Kölliker'sche Angabe sei dahin zu berichtigen, dass in kurzen Muskeln die Fasern allerdings der ganzen Länge nach verlaufen können, nicht aber in längeren, dass dafür die Dimensionen der Fasern, mit Zunahme der Körpergröße gleichfalls zunehmen. Da nun aber bei der Muskelfaser die Länge bei weitem über den Querdurchmesser prävaliert, so ist die Abhängigkeit der Faserzahl vorzüglich vom Querschnitt und nicht etwa von der Länge und dem Volum der Muskeln immerhin offenbar. Dies eben setzte ich als selbstverständlich voraus; sehe aber nunmehr ein, ich hätte besser daran gethan, mich in beiden vorläufigen Mitteilungen -- besonders in der ersten, Dubois allein zugegangenen -- weniger schematisch und genauer auszudrücken.

Um nicht abermals gelegentlich eine Zurechtstellung zu erfahren, sei hier an die seit lange nachgewiesene, doch noch nicht gehörig zur

1) Der Schlusspassus nach dem Aufsatz in russischer Sprache.

Geltung gelangte Thatsache hingewiesen, dass der gesamte Bewegungsapparat — Knochengerüst und Muskelsystem — mit zunehmender Längendimension der Tiere unverhältnismäßig an Masse zunimmt. Für das Knochengerüst machte schon Galilei¹⁾ hierauf aufmerksam. Bergmann und Leuckart²⁾ wendeten seine Ausführungen auf das Muskelsystem an. Eine genaue Reihe von vergleichenden Untersuchungen an nahe verwandten, sich durch die Größe unterscheidenden Tierarten hat festzustellen, in welchem Maße die relative Massenzunahme der Muskeln auf die Zahl ihrer Fasern und diese ihrerseits auf die Zahl der Nervenfasern in den zugehörigen Rami musculares einwirkt. Es käme also darauf an, zu beweisen, einerseits, dass bei zunehmender Körpergröße die numerische Zunahme der Muskelzellen hinter der Gewichtszunahme der Muskeln erheblich zurückbleibt, oder, andererseits, dass vielleicht auf je eine Muskelzelle weniger Nervenfasern (?) kommen. Woischwillo (s. o.) wies bereits darauf hin, dass rasch sich kontrahierende Muskeln reichlicher mit Nervenfasern versehen sind. Ließe sich dieser Befund auf den Rang eines allgemeinen Gesetzes erheben, so müssten die schwerfälligen, sich träge bewegenden großen Tiere eine relativ geringere Anzahl motorischer Nervenfasern und Nervenzellen besitzen. Dubois (S. 360) stellt Betrachtungen darüber an, dass kleine Tiere, welche notorisch häufig ebenso rasch laufen können wie große, sich rascher kontrahierende, mithin kürzere und relativ zahlreichere Muskelfasern besitzen müssen; wodurch ihrerseits, natürlich, auch die Zahl der motorischen Nervenfasern bestimmt wird. Ich schließe mich vollständig diesen Betrachtungen an.

Die relative Zahl der sensitiven Nervenfasern will Dubois nicht nur nach der Ausdehnung des Integuments, sondern auch nach der der innern Körperflächen — der Schleimhäute — der serösen Häute, Aponeurosen, Ligamente und der membranös ausgedehnten Sinneszellen abschätzen. Hierbei bespricht er eingehender die relativ bedeutendere Ausbildung der Augen bei kleineren Tieren. Diesen Betrachtungen schließe ich mich ebenfalls gern an. Auch den Rückschluss von der Ausdehnung der Sinnesepithelien auf die voraussichtlich mit ihr harmonisierende Densität der Nervenendigungen in der Haut lasse ich gerne gelten, um so mehr als sich diese größere Densität aus den von mir und Waszkiewicz ermittelten Ziffern auch auf eine direktere Weise erschließen lässt.

Alles hier Mitgeteilte berechtigt zur eingangs ausgesprochenen Behauptung, dass zwischen Dubois und mir in Bezug auf Beurteilung der Hirnquantität keinerlei erhebliche Differenzen bestehen. In seinen

1) Discorsi e dimostrazioni matematiche. Opere T. II, Firenze 1718, S. 559.

2) Anatomisch-physiol. Uebersicht des Tierreichs. Stuttgart 1852. S. 298.

theoretischen Betrachtungen eröffnet er allerdings bedeutend weitere Horizonte, in Bezug auf das thatsächliche Material aber dürfte ich einen Schritt weiter gekommen sein. [77]

Apáthy's Lehre von den leitenden Nervelementen.

Von Dr. **Tad. Garbowski**,

Privatdozenten der Zoologie an der Universität in Wien.

In den achtziger Jahren war es, als die damals allgemein herrschende Lehre von direkter centripetaler und centrifugaler Nervenleitung einer neuen Anschauung weichen musste, die ihr Entstehen namentlich den verblüffenden histotechnischen Erfolgen Golgi's verdankte. Anstatt der postulierten, ununterbrochenen Verbindungsbahnen zwischen den centralen und peripherischen Polen des Nervensystems, bekam man überall jene zierlichen Bilder zu sehen, wie sie durch Metallimprägnationen und durch vitale Methylenblaufärbung hervorgerufen werden. Man sah deutliche Verästelungen der Ganglienzellen und des Leitenden, welche sich eng umspinnen, ohne unmittelbare Verbindungen einzugehen, und als Neuronen, als isolierte Glieder der Leitungsbahnen aufgefasst wurden. Diese, eigentlich nur für höhere Tierformen geltende Neuronenlehre hat hervorragenden Histologen — es sei hier nur der Name Retzius' genannt — zu höchst dankenswerten topographischen Schilderungen Anlass gegeben und findet gegenwärtig in der Wissenschaft allgemeinen Anklang, als ein bedeutender Fortschritt im Vergleiche zu den Anschauungen der früheren Periode.

Es ist daher leicht begreiflich, dass eine kürzlich erschienene Publikation, welche der neuen Lehre in wichtigsten Punkten geradezu den Boden entzieht, Aufsehen erregen musste und dass sie geeignet wäre, wie vorher die Arbeiten Golgi's, in der Nervenkunde eine neue Aera zu inauguriern. Ich meine hier die umfangreiche Abhandlung¹⁾ Apáthy's, dessen meisterhafte Präparate letzthin auf dem III. Zoologenkongresse zu Leiden vorlagen und von sämtlichen Kongressteilnehmern bewundert wurden. Im folgenden will ich die nunmehr geordneten und theoretisch ergänzten Befunde des genannten Histologen in gedrungenen Darstellung mitteilen, um auch diejenigen Leser, die aus Zeitmangel zu dem etwas mühsamen Studium der eingehenden Originalausführungen nicht schreiten können, mit den wichtigsten Resultaten Apáthy's bald bekannt zu machen.

Die Frage danach, wo das leitende Element in nervösen Systemen zu suchen wäre, wird in der Arbeit gar nicht erörtert. Zusammen mit Golgi, Cajal, Retzius, Pflüger, Lenhossék, Flemming und unzähligen anderen Histologen sieht auch Apáthy das Leitende in der anatomischen Einheit der Primitivfibrillen. Die Ansicht einer verschwindend kleinen Minorität der Autoren, mit Leydig an der Spitze, das Leitende liege anderswo, z. B. im Hyaloplasma, ließe sich etwa mit der Ansicht

1) Stefan Apáthy, Das leitende Element des Nervensystems und seine topographischen Beziehungen zu den Zellen. Erste Mitteilung. Mit 9 Tafeln. Mitteilungen aus der zoolog. Station zu Neapel, Bd. XII, S. 495—748, Taf. 23—32, Berlin 1897.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1898

Band/Volume: [18](#)

Autor(en)/Author(s): Brandt Alexander

Artikel/Article: [Das Hirngewicht und die Zahl der peripherischen Nervenfasern in ihrer Beziehung zur Körpergröße. 475-488](#)