

Man ersieht aus obigen Darlegungen, daß im jährlichen Entwicklungszyklus der Lucilien und auch ihrer Verwandten noch mancherlei zu klären übrig bleibt, und ich hoffe, späterhin auch noch einige experimentelle Untersuchungen ausführen zu können.

Zoolog. Museum Berlin, den 12. Mai 1919.

Zur Methodik vergleichender metrischer Untersuchungen, besonders des Herzgewichtes.

Von Berthold Klatt.

(Landwirtsch. Hochschule, Berlin.)

Das Bestreben, morphologische Dinge metrisch zu erfassen, ist alt, und, um die Unterschiede genau dem Grade nach zu bestimmen, eine unumgängliche Notwendigkeit; zumal wenn man, über die bloße Feststellung von Tatsachen hinausgehend, auch über die Ursachen der Formverschiedenheiten ins Klare kommen will, die doch meist auf irgendein zahlenmäßig fixierbares Plus oder Minus irgend welcher Teilfunktionen im komplizierten Getriebe des Gesamtorganismus — sei es auch oft auf großen Umwegen — zurückführbar sein dürften. Aber nicht die Feststellung der absoluten Höhe eines solchen Plus oder Minus kann stets zu der gewünschten Auskunft verhelfen, sondern nur dann, wenn die verglichenen Organismen neben möglicher Ähnlichkeit in anderen Punkten vor allem auch gleiche Gesamtgröße besitzen. Ist dies letztere nicht der Fall, so kann nur Vergleichung der Werte bezogen auf die Gesamtgröße vor falschen Schlüssen bewahren, und so vergleicht man denn bei metrischen Untersuchungen schon seit langem vorzugsweise die relativen Werte, und zwar weniger gern direkt auf das Ganze bezogen (z. B. „ein Drittel des Körpergewichtes“ oder „viermal so lang als die Körperlänge“), sondern lieber indirekt auf 100 oder 1000 Einheiten des Ganzen (als % oder ‰ Werte).

Aber auch Unterschiede in solchen einander entsprechenden Verhältniszahlen („Proportionalwerten“) zweier zu vergleichender Organismen verschiedener Gesamtgröße berechtigen keineswegs unter allen Umständen zu dem Schluß, daß dem zahlenmäßigen Plus oder Minus auch wirklich eine genau entsprechende Verschiedenheit hinsichtlich der Leistung des betreffenden Teiles entspricht. Denn es gibt im Organismus bestimmte Teilwerte, die nicht im gleichen Verhältnis wie die Gesamtgröße ab- und zunehmen, sondern langsamer oder, was seltener ist, schneller als diese, so daß also für eine jede Größenstufe eine andere Verhältniszahl die Norm bedeutet. Der Grund hierfür dürfte bei den meisten sich so verhaltenden Teilwerten letzten Endes zu suchen sein in dem bei verschiedenen großen Körpern sonst gleicher Bauart notwendig verschiedenen mathematischen Verhältnis von Ober-

fläche und Maße zueinander, das im Organismus ja zugleich physiologische Bedeutung bekommt und bei verschiedener Größe nur durch entsprechende Abänderung einzelner Teile gleich erhalten werden kann.

Hirn und Auge sind die bekanntesten Beispiele für solche in einem anderen „Tempo“ als die Gesamtgröße sich verändernden Teilwerte des Organismus, die damit zugleich auch ihrer Umgebung, z. B. einzelnen Maßen am Schädel ein ganz charakteristisches Verhalten der Proportionalwerte aufzwingen. Ähnlich verhält sich aber z. B. auch das Herzgewicht der Warmblüter. Hesse hat für dasselbe auf die Zunahme der $\frac{0}{100}$ -Zahlen mit sinkendem Körpergewicht aufmerksam gemacht und wie schon vor ihm W. Müller den Grund dafür gesucht in dem intensiveren Stoffwechsel, der kleineren Tieren infolge ihrer größeren relativen Flächenentwicklung und dementsprechend auch größeren Wärmeabgabe eigen ist. Neuerdings hat dann weiter Hasebroek auf die gleiche Tatsache hingewiesen, die sich nach ihm gleichfalls erklärt aus den Beziehungen des Herzgewichtes zum Stoffwechsel. Er findet ein völlig paralleles Verhalten der Gewichte der Vorhöfe und des rechten Ventrikels mit den Stoffwechselindizes, die er ihrerseits als von der Körperoberfläche abhängig errechnet. Pütter, welcher an der Allgemeingültigkeit dieser auf Rubner zurückgehenden Auffassung zweifelt, daß die Stoffwechselintensität proportional der Körperoberfläche und pro Einheit der Körperoberfläche bei den verschiedenen Tierarten konstant sei, bestätigt dennoch, von theoretischen Erwägungen ausgehend, den rein tatsächlichen Teil der Hesse'schen Feststellung, das allmähliche Zunehmen der $\frac{0}{100}$ -Zahlen mit sinkendem Körpergewicht, wenigstens für „Tiere von der Größe eines Maulwurfes bis zu der des Menschen“, also so ziemlich für die Mehrzahl der meist zur Untersuchung gelangenden Warmblüter.

Gestattet nun aber die Methode der Vergleichung von $\frac{0}{100}$ -Werten genauere Schlüsse auf den Grad der Verschiedenheit des Herzgewichtes zu ziehen? Nach dem oben Gesagten offenbar nicht, wenn es sich um den Vergleich verschieden großer Formen handelt. Man kann wohl in solchen Fällen z. B., wo das kleinere Tier einen geringeren oder gleichen $\frac{0}{100}$ -Wert aufweist wie das größere, so ganz allgemein sagen, daß es wirklich ein niedrigeres Herzgewicht besitzt als ihm zukommt; denn als kleineres Tier müßte es ja, wie gesagt, die größere $\frac{0}{100}$ -Zahl aufweisen. Aber um wieviel genau größer gerade für den betreffenden Grad der Kleinheit der $\frac{0}{100}$ -Wert des kleineren Tieres sein müßte, um ein in Wahrheit dem des größeren gleichwertiges Herzgewicht zu bedeuten, das ist aus der bloßen $\frac{0}{100}$ -Berechnung nicht zu ersehen, und es wird diese Feststellung nur durch eine Vergleichsmethode ermöglicht, die Aufklärung darüber schafft, ob ein etwaiges Plus im $\frac{0}{100}$ -Wert des kleineren Tieres seinen zureichenden

Grund restlos in dem gerade vorhandenen Unterschied der Gesamtgrößen findet, oder inwieweit der $\frac{0}{100}$ -Wert noch darüber hinaus größer resp. kleiner ist. Pütter, in dem jetzt endlich ein Vertreter der zu dieser Aufgabe in erster Linie berufenen physiologischen Wissenschaft die eben so notwendige wie aussichtsreiche Analyse des Einflusses der Gesamtgröße auf die einzelnen Teile des Organismus vorzunehmen beginnt, hat für das Herzgewicht eine solche Normalskala aufgestellt, aus der ersichtlich wird, wie hoch für jede einzelne Größenstufe das Herzgewicht unter im übrigen ähnlichen Bedingungen sein muß. Obwohl also damit von einer viel berufeneren Seite und in einer theoretisch weit exakteren Weise dem methodologischen Mangel des Vergleichs bloßer $\frac{0}{100}$ -Werte abgeholfen wird, möchte ich dennoch im folgenden einen anderen Weg zu zeigen versuchen, der zum gleichen Ziele strebt, wenn er auch eine weit kunstlosere und, wie man gleich sehen wird, nicht einmal originelle Gedankenstraße darstellt. Als Entschuldigung für dieses anscheinend überflüssige Beginnen möchte ich in erster Linie den mehr induktiven Charakter dieses gleich zu erörternden Verfahrens anführen.

Wie gesagt, ist dasselbe nicht einmal völlig neu, sondern für die ähnlich liegenden Verhältnisse des Hirngewichtes bereits 1897 von Dubois und Lapieque gleichzeitig, doch unabhängig voneinander eingeführt worden, nachdem Ansätze zu dem Gedankengange bereits bei früheren Autoren zu finden waren. Daß diese bisher nur für den einen Spezialfall des Hirngewichtes ausgearbeitete Methode darüber hinaus allgemeinere Bedeutung und großen heuristischen Wert besitzt und mit entsprechenden Modifikationen im weitesten Sinne für die Vergleichung von Teilwerten verschieden großer Tiere benutzt werden kann, gedenke ich bald an anderer Stelle zu zeigen. Hier soll nur ihre Wirksamkeit am Beispiele des Herzgewichtes dargelegt werden. — Der zugrunde liegende Gedankengang ist der folgende: Das Herzgewicht (H) wird bestimmt durch verschiedene Faktoren, wie Lebensweise, systematische Stellung, Alter, Geschlecht u. s. w., darunter aber auch vor allem eben durch die Größe (ausgedrückt durch das Körpergewicht). Nennen wir diese Beziehung zum Körpergewicht (K) x, die übrigen Faktoren zusammen p, so besteht die Gleichung

$$1. H = p \cdot K^x.$$

Haben wir nun zwei verschieden große Tiere gleicher Art, bei denen auch noch Geschlecht, Alter, Lebensweise u. s. w., d. h. die Summe der übrigen Faktoren, p, als gleich angesehen werden kann, so besteht die Beziehung

$$\frac{H_1}{K_1^x} = \frac{H_2}{K_2^x}.$$

Daraus läßt sich x ohne weiteres berechnen als

$$2. x = \frac{\log H_1 - \log H_2}{\log K_1 - \log K_2}.$$

Dieser „somatische Exponent“ x gibt uns also genau das „Tempo“ an, in welchem mit sinkender Körpergröße das Herzgewicht sich verändern muß, vorausgesetzt, daß nicht noch andere Faktoren mit hereinspielen. Haben wir zwei verschieden große Tiere und wollen wir prüfen, ob das z. B. größere relative Herzgewicht des Kleineren schon in dem bloßen Unterschied der Körpergrößen seinen zureichenden Grund findet, so brauchen wir nur in Formel 1. die Werte für H , K und x einsetzen und p berechnen. Ist der Wert für p bei beiden Tieren gleich, so ist der Unterschied im relativen Herzgewicht nur durch die verschiedene Größe bedingt, andernfalls bestehen den betreffenden Zahlen entsprechende, graduelle Unterschiede.

Die Aufgabe ist also nur die, den somatischen Exponenten zahlenmäßig genau festzustellen. Das kann nur geschehen durch eine möglichst große Zahl von Berechnungen an gut ausgewählten Beispielpaaren. An und für sich wäre es wohl denkbar, daß in verschiedenen systematischen Gruppen der Exponent verschieden hoch ist; wie mir aber aus den gleich zu gebenden Beispielen hervorzugehen scheint, dürfte er für Warmblüter (Vögel und Säugetiere) etwa gleich hoch sein.

Als Grundlage für die folgende Berechnung des Exponenten dienten mir außer einigen Angaben von Parrot ausschließlich die Ergebnisse von Untersuchungen, die nach Prof. Hesse's Anleitung von mir selbst und einigen Doktoranden im damaligen zoologischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule gemacht wurden. Gerade bei Herzuntersuchungen kommt es ja sehr darauf an, daß dem Vergleich nach einer einheitlichen Methode¹⁾ genommene Maße zugrundeliegen. Zudem liegen größere Reihen von anderer Seite auch kaum vor²⁾. Die verglichenen Wertpaare sollten ferner nach Möglichkeit Durchschnittswerte von mehreren ausgewachsenen unter gleichen Verhältnissen lebenden Individuen gleichen Geschlechtes sein und paarweise Tierformen von möglichst naher Verwandtschaft (systematischer Stellung), doch dabei zugleich starkem Größenunterschiede entstammen. Besonders letztgenannter Punkt ist wichtig, worauf schon Dubois bei der erneuten Berechnung seines somatischen Hirnexponenten hinwies: Gehen die Variationsbreiten der beiden Reihen von Werten, von welchen die Durchschnittswerte verglichen werden sollen, ineinander über, so kann man kein sicheres Resultat erwarten. Je stärker der Größenunterschied zwischen den zwei verglichenen Formen, desto klarere Resultate. Daß ich bei diesen vielfachen Anfor-

1) Es ist das die von W. Müller angewandte Methode.

2) Die im Gegensatz zu den sorgfältigen Parrot'schen Untersuchungen höchst oberflächlichen Angaben von Löer (Pflüger's Archiv Bd. 140), dem einzigen, der noch eine größere Sammlung von Herzgewichten veröffentlicht hat, sind völlig unbrauchbar, wie jeder auf den ersten Blick erkennen muß, der nur etwas Praxis in metrischen Untersuchungen hat.

Tabelle 1.

Berechnung des somatischen Exponenten.

a) Arten verglichen.

Zahl der Individuen	A r t	Ge- schlecht	Körper- gewicht im Durch- schnitt	Herz- gewicht im Durch- schnitt	Ex- ponent	Untersucher resp. Literatur
3 4	Wölfe Füchse	2 ♂ 1 ♀ ♂	33000 6570	270 65,8	0,8747	Klatt
3 1	Schakale Wüstenfuchs	♀	7700 1470	51,2 10,9	0,9340	"
7 1	Iltisse Wiesel	♂	1191,5 252	9 2,1	0,9368	Bethcke
1 1	Iltis Wiesel	?	1268 139,5	9,39 1,54	0,7761	Hesse (n.d.‰ Angaben berechnet)
5 2	<i>Arvicola terrestr.</i> <i>A. arvalis</i>	?	83,5 28,5	0,295 0,14	0,6934	Klatt
1 1	Ratte Maus	?	391 20,3	1,571 0,139	0,8198	Hesse (n.d.‰ Angaben)
1 1	<i>Vesp. murinus</i> <i>Vesp. pipistr.</i>	?	21 3,73	0,21 0,0535	0,7913	"
4 2	Stockenten Krickenten	♂	1037 287,5	10,46 3,32	0,8890	Timmann
4 2	Stockenten Krickenten	♀	852 233,5	7,9 2,59	0,8615	"
2 2	<i>Col. palumb.</i> <i>Col. oenas</i>	♂	479,5 258	5,75 3,43	0,8355	Klatt (n. Hesse u. Parrot)
1 1	Uhu Steinkauz	?	1875 170	8,812 1,40	0,7658	Hesse (n.d.‰ Angaben)
1 1	Uhu Waldkauz	?	1875 441	8,812 2,236	0,9475	"
3 3	<i>Tetr. urogallus</i> <i>Tetr. tetrix</i>	♂	4225 1256	32,88 12,56	0,7918	Parrot
2 2	Habicht Sperber	♂	1182 123,5	10,22 1,46	0,8614	"
3 4	<i>Tringa canuta</i> <i>Tringa minuta</i>	?	104 21,12	1,63 0,378	0,9168	"
1 5	Wanderfalk Baumfalk	♀ ♂ u. ♀	850 217	12,61 3,38	0,9643	"

b) Individuen einer Art verglichen.

Zahl der Individuen	A r t	Ge- schlecht	Körper- gewicht im Durch- schnitt	Herz- gewicht im Durch- schnitt	Ex- ponent	Untersucher resp. Literatur
3	gr. Schakale	♀	7700	51,2	0,8340	Klatt
3	kl. "		5250	37,2		
2	Füchse	♂	6550	70	0,7401	"
1	"		5110	58,25		
2	Hasen	♀ ♂	4358	39,06	0,8344	"
2	"		3914	35,77		
5	gr. wilde Kaninch.	♂	1686	5,16	0,7963	E. Müller
8	kl. " "		1396	4,44		

H a u s h u n d e

(4 Größengruppen)

nach Angaben von H. Vorsteher*)

3	Gruppe I	♂	47000	332	0,8438
5	" IV		3534	37,4	
8	" I	♂	9240	86,3	0,8233
	" III				
6	" I	♂	23300	200	0,7223
	" II				
	" II				0,8890
	" IV				
	" II				0,9087
	" III				
	" III				0,8700
	" IV				

Durchschnitt der Werte für den Hund: 0,8430

Durchschnitt aller 26 Werte: 0,8433

derungen nicht mit sehr vielen Vergleichspaaren aufwarten kann, wird verständlich sein, ebenso bei der starken Beeinflußbarkeit gerade des Herzgewichtes durch individuelle Besonderheiten, daß die Ergebnisse der Berechnung im allgemeinen stärker variieren als die Dubois'schen Hirnexponenten-Berechnungen.

Das sind 26 Einzelberechnungen des Exponenten, die in nicht gerade idealer Weise den oben gestellten Forderungen genügen: so stam-

*) Ich bin Herrn H. Vorsteher zu großem Dank verpflichtet für die Liebenswürdigkeit mir seine bisher noch unveröffentlichten Untersuchungsergebnisse zur Verfügung zu stellen.

men die Wölfe z. B. aus Lappland, die mit ihnen verglichenen Füchse aus Norddeutschland; die großen Schakale aus dem kühlen Hochland, die kleinen aus dem heißen Tiefland, so daß also keineswegs die äußeren Lebensbedingungen für beide Teile dieser Vergleiche völlig gleichartige sind. Ebenso sind Thooïden (Wölfe und Schakale) und Alopeciden (Fuchs, Wüstenfuchs) doch systematisch einander schon fernerstehend, so daß da wohl erbliche Differenzen mit hereinspielen können, die eigentlich ausgeschaltet werden müßten. Vor allem aber sind es in den meisten Fällen recht wenige Individuen, die den Durchschnittswerten zugrunde liegen. Nur für den Haushund liegt mir durch die Liebenswürdigkeit des Herrn Vorsteher ein Material vor, bei dem alle diese Einwände erheblich reduziert sind und zugleich auch eine vierte sehr wesentliche Forderung, die oben gestellt wurde, nämlich möglicher Kontrast in den Größenunterschieden der zum Vergleich benutzten Wertpaare, erfüllt ist. Wenn ich also besonders im Hinblick auf diese nur wenig differierenden Berechnungen beim Hunde und in Anlehnung an den aus sämtlichen 26 Berechnungen ermittelten Durchschnittswert den somatischen Exponenten des Herzgewichtes für Warmblüter auf 0,83 beziffern möchte, so geschieht das nicht, weil ich diese Zahl für die genau den tatsächlichen Verhältnissen entsprechende halte. Aber einen bestimmten Wert muß ich für die späteren Ausführungen annehmen, und ungefähr dürfte diese Zahl auch der Wahrheit nahe kommen.

Von besonderem Interesse wäre die Feststellung des Exponenten beim Menschen, und die umfangreichen Wägungen W. Müller's gestatten auch eine mehrfache Berechnung. Ich habe von den Größen-

Tabelle 2.

(Durchschnittswerte von Herz- und Körpergewicht des Menschen nach W. Müller.)

♂♂					♀♀				
Gruppe Nr.	Zahl der Individuen	Durchschn. Alter in Jahren	Körpergew. in kg	Herzgewicht in g	Gruppe Nr.	Zahl der Individuen	Durchschn. Alter in Jahren	Körpergew. in kg	Herzgewicht in g
I	42	51	62,5	312,4	I	21	47	57,5	270,7
II	59	51	57,5	301,6	II	34	50	52,5	234,4
III	69	49	52,5	252	III	62	53	47,5	231,7
IV	79	54	47,5	243,2	IV	75	48	42,5	220,6
V	86	48	42,5	227,9	V	85	55	37,5	199,1
VI	65	51	37,5	217,3	VI	59	52	32,5	174,9
VII	33	45	32,5	181,9	VII	32	51	27,5	153,9

gruppen, in die Müller sein Material getrennt hat, diejenigen ausgewählt, die aus möglichst vielen und nur ausgewachsenen Personen bestehen, und die von W. Müller berechneten Durchschnittswerte in Tabelle 2 zusammengestellt (s. S. 412).

Aus diesen Angaben habe ich für jedes der beiden Geschlechter den Exponenten zehnmal berechnet.

Tabelle 3.

(Werte des somatischen Herzexponenten beim Menschen.)

I und VII	I und VI	I und V	I und IV	II und VII	II und VI	II und V	III und VII	III und VI	IV und VII	Im Durchschnitt	Im Durchschnitt ohne die abnormen Werte III/VI ♂ II/V ♀
0,8270	0,7132	0,8178	0,8952	0,8862	0,7652	0,9270	0,7626	0,4403	0,7761	0,7803	0,8181
0,7656	0,7656	0,7187	0,6770	0,6507	0,6106	0,4840	0,7559	0,7515	0,8271	0,7007	0,7247

Berücksichtigt man die große Variabilität des Menschen, welche bei diesem Material noch besonders erhöht sein muß, da es sich durchweg um Personen handelt, die an z. T. langwierigen Krankheiten zugrunde gingen, zieht man ferner in Rechnung, daß gerade beim Menschen mit seinen geringen Größenunterschieden die oben gestellte Forderung möglichst starken Kontrastes der Glieder eines Vergleichspaares in nur wenig genügender Weise erfüllt werden kann, so wird man in diesen Rechnungsergebnissen durchaus eine Bestätigung der vorhergehenden Ausführungen erblicken können.

Gerade die Tatsache übrigens, daß beim Hunde und beim Menschen sowie auch sonst beim Vergleich von Individuen innerhalb der Art der Wert des Herzexponenten nicht wesentlich von dem beim Vergleich von Arten gefundenen Wert sich unterscheidet, ist von Interesse im Hinblick auf die von Dubois und Lapique für den Hirnexponenten gefundenen Tatsachen. Bei dem Verhältnis von Hirngewicht zu Körpergewicht besteht nämlich ein Unterschied in der Höhe der Exponenten, wenn man Arten vergleicht und wenn man Individuen in einer Art vergleicht. Im ersteren Falle beträgt der Exponent 0,56, im zweiten 0,22. Ob letzteres allerdings für Individuen einer wilden Tierart stimmt, scheint mir bisher noch nicht bewiesen. Für Mensch und Hund dagegen ist es durch zahlreiche Daten sichergestellt, und speziell für den Hund habe ich diesen Lapique'schen Befund voll bestätigen können³⁾. Beim Herzexpo-

3) Leider sind meine „Domestikationsstudien am Hundehirn“, in denen dies geschieht, und die Dubois-Lapique'schen Theorien erörtert werden, infolge des Krieges noch immer nicht im Druck erschienen.

zenten besteht nun, wie gesagt, diese Differenz der Werte ebenso sicher nicht. Hirngröße und Herzgröße werden eben trotz gewisser Ähnlichkeit in der Herrschernatur dieser beiden Lebenszentren durch ganz verschiedene Faktoren bestimmt. Das Herz, als Muskel ein relativ einfaches Gebilde und in weitgehendem Maße funktioneller Anpassung fähig, ist mehr ein Maßstab der Quantität des Lebensprozesses und mehr von der bloßen Masse des Organismus abhängig. Das Hirn, als gleichsam verkleinertes, kunstvoll durch mehr oder minder komplizierte Sekundärverbindungen zusammengefaßtes Abbild aller verschiedenen Organe und Teile des Ganzen, und in weit beschränkterem Maße funktionellen Einflüssen zugänglich, spiegelt zugleich die Qualität des betreffenden Lebensprozesses wieder, wird also in höherem Maße auch von der Form des Organismus beeinflusst. So sucht ja Dubois auch den Grund für den Unterschied des interspeziellen und des interindividuellen Hirnexponenten in erster Linie in einem verschiedenen Verhalten der Längendimensionen des Körpers bei groß und klein beim Vergleich verschieden großer Arten einerseits und großer und kleiner Individuen einer Art andererseits. Bei großen und kleinen Arten naher Verwandtschaft sollen die Körperdimensionen im großen und ganzen dieselben, eher die kleinen Formen noch etwas langgliedriger sein; innerhalb der Art sollen die kleineren Individuen dagegen durch relativ kürzere Dimensionen von den großen sich unterscheiden. Wie weit die theoretischen Erwägungen richtig sind, durch welche Dubois aus diesem verschiedenen Verhalten der Körperdimensionen genau die Höhe der verschiedenen Exponentenwerte herleiten will, kann hier nicht diskutiert werden. Daß eine solche Verschiedenheit der Dimensionenbildung bei Arten einerseits und Individuen andererseits tatsächlich besteht, davon habe ich mich inzwischen für mein spezielles Untersuchungsobjekt, die Caniden, überzeugen können und gedenke, die Tatsachen bald in einer ausführlichen Arbeit zu veröffentlichen. Wenn also, wie mir jetzt scheint, die verschiedene Höhe des Hirnexponenten tatsächlich zum guten Teil sich aus dem verschiedenen Verhalten der Körperform bei Änderung der Gesamtgröße herschreibt, so ist die Tatsache, daß der Herzexponent eine solche Verschiedenheit nicht aufweist, eben ein Zeichen, daß es weniger die Form als die bloße Masse des Körpers ist, welche das Verhältnis des Herzgewichtes zum Körpergewicht regelt.

Einen Versuch, die Höhe des Exponenten genau der Zahl (0,83) nach als notwendige Folge bestimmter physiologischer Beziehungen im Organismus zu erweisen, in ähnlicher Art wie Dubois dies für die Hirnexponenten unternimmt, halte ich für verfrüht, so lange nicht weit umfassendere metrische Untersuchungen eine endgültige Feststellung dieses Wertes, genauer als es mir bisher möglich war, gestatten, und auch eben solche Daten für die übrigen Teile des

Organismus vorliegen. Nur ganz allgemein könnte man vielleicht die Tatsache, daß der Wert ziemlich in der Mitte zwischen 0,66 und 1 zu liegen scheint, erklären, in derselben Weise wie Snell, ein Vorläufer Dubois, dies für den irrtümlich von ihm zu hoch angesetzten Hirnexponenten tat. Snell hatte nämlich behauptet, der Hirnexponent müsse höher als 0,66 sein, weil das Hirngewicht von der Oberflächenentwicklung des Körpers (die sich mathematisch ja darstellt als $(\sqrt[3]{K})^2$ oder $K^{\frac{2}{3}}$ oder $K^{0,66}$), daneben aber auch von der Masse des Körpers (Exponent natürlich = 1) bestimmt sei. Für das Herz könnte diese Argumentation tatsächlich zutreffen. Wie oben schon erwähnt, hat Hasebroek im gewichtsmäßigen Verhalten der Vorhöfe und des rechten Ventrikels eine weitgehende Übereinstimmung mit den im wesentlichen aus der Oberfläche berechneten Stoffwechselindizes nachgewiesen, während der linke Ventrikel schneller mit der Größe zunimmt. Hier wird ein Weg gewiesen, auf dem die Anschauungen von Parrot, Grober, Strohl, Magnan, die hauptsächlich die Beziehungen des Herzgewichtes zur Leistung der Fortbewegung der Körpermasse betonen, mit denen Hesse's, der die Wichtigkeit der Stoffwechselintensität in den Vordergrund stellt, einerseits verschmolzen, andererseits durch die Methode der Teilwägung genauer geprüft werden können.

In analoger Weise nun wie Dubois unter Einsetzen des Wertes für den Hirnexponenten aus den Daten des Hirngewichtes und des Körpergewichtes den Faktor p berechnet und damit ein Maß für die „Cephalisation“ der betreffenden Tierart gewinnt, kann man auch für das Herzgewicht zahlenmäßige Werte finden, welche einen genauen Vergleich der Herzgröße unabhängig von der Körpergröße, deren Einfluß ja eben durch das Verfahren ausgeschaltet wird, gestatten. Damit also ist dem Mangel, der dem Vergleich von ‰ -Werten anhaftet, abgeholfen. An Hand der Parrot'schen Tafel wird sich am besten zeigen lassen, daß mit Hilfe der hier angegebenen Methode eine zum Teil recht erhebliche Änderung der Wertfolge sich ergibt, die zugleich den Tatsachen besser gerecht werden dürfte.

Ich habe 24 Vögel der Parrot'schen Tafel nach dem relativen Herzgewicht in 6 Gruppen angeordnet, für dieselben Tiere nach den Parrot'schen Daten dann mit Hilfe des Exponenten 0,83 die Werte berechnet und nun gleichfalls in 6 Gruppen geordnet. Die zu jedem Tiere beigesetzten Kennnummern der Parrot'schen Reihenfolge lassen rasch die Umordnung für jede einzelne Art erkennen. So rückt der Auerhahn vom Anfang in die Mitte, dicht neben den ähnlichen Birkhahn, ebenso die bei Parrot weit auseinanderstehenden Sperber und Habicht mit ihrer ähnlichen Lebensweise und nur verschiedenen Größe eng zusammen in Gruppe 2, wo ihnen der Turmfalke sich zugesellt, während die vielfliegenden Baum- und Wanderfalke ähn-

lich der Parrot'schen Anordnung sich viel weiter unten wiederfinden. Der Buchfink, der bei Parrot das letzte Drittel der Reihe beginnt, rückt ganz an den Anfang, ebenso Häher und Elster, die gleichfalls Standvögel sind, also geringere Bewegungsleistung aufzuweisen haben als z. B. der Storch, der bei Parrot ganz unberechtigterweise in der ersten Hälfte der Reihe sich findet und bei mir als drittletztter steht. Die Singdrossel, bei Parrot die letzte, wird nach der Exponentenberechnung noch übertroffen vom Singschwan, der bei Parrot in der Mitte der Tabelle figuriert.

Tabelle 4.

(Die Herzgröße bei den Vögeln nach Angaben von Parrot.)

a) nach d. ‰ Methode angeordnet. b) n. d. Exponenten-Methode angeordnet.

An- ord- nung nach b)	A r t	Herz- gew. in ‰	Nr.	Gruppe	Gruppe	Nr.	Wert n. d. Exp. Meth.	A r t	An- ord- nung nach a)				
2. 14	Auerhahn	7,81	1	I.	1.	1	0,0228	1 ♂ Elster	I. 5				
1. 5	Mäusebussard	8,3	2			2	0,0232	2 ♂ Eichelhäher	I. 6				
2. 9	Habicht	8,65	3			3	0,0240	3 ♂♀ Buchfink	III. 16				
4. 17	Seeadler	8,98	4			4	0,0245	1 ♂ Wiedehopf	II. 14				
1. 1	Elster	9,34	5			5	0,0249	4 ♀ Bussard	I. 2				
1. 2	Eichelhäher	9,77	6			II.	2.	6	0,0268	2 ♂ Sperber	II. 13		
3. 15	Birkhahn	9,77	7					7	0,0269	6 ♂♀ Möve	II. 8		
2. 7	Lachmöve	10,35	8					8	0,0271	4 ♂ Ohreule	II. 9		
2. 8	Ohreule	10,86	9					9	0,0288	2 ♂ Habicht	I. 3		
5. 22	Storch	11,49	10					10	0,0292	4 ♂♀ Kuckuck	III. 15		
6. 24	Singschwan	11,78	11	11	0,0299			5 ♂ Turmfalk	II. 12				
2. 11	Turmfalk	11,91	12	III.	3.			12	0,0300	4 Zwergstrandlfr.	V. 21		
2. 6	Sperber	11,93	13					13	0,0308	6 ♂♀ Turmschw.	IV. 19		
1. 4	Wiedehopf	12,04	14					14	0,0322	3 ♂ Auerhahn	I. 1		
2. 10	Kuckuck	13,16	15					15	0,0336	3 ♂ Birkhahn	I. 7		
1. 3	Buchfink	14,16	16			16	0,0345	3 Isl. Strandläufer	IV. 18				
5. 20	Wanderfalk	14,91	17			17	0,0382	2 ♂♀ Seeadler	I. 4				
3. 16	Isl. Strandläuf.	15,75	18			IV.	4.	18	0,0402	3 ♂ Baumfalk	IV. 20		
3. 13	Turmschwalb.	16,46	19					19	0,0425	3 ♂ Pirol	V. 22		
4. 18	Baumfalk	16,98	20					20	0,0467	1 ♀ Wanderfalk	III. 17		
3. 12	Zwergstrandl.	19,18	21					V.	5.	21	0,0467	1 ♂ Flußuferläuf.	VI. 23
4. 19	Pirol	21,73	22	22	0,0469					1 ♀ Storch	II. 10		
5. 21	Flußuferläuf.	24,39	23	VI.	6.					23	0,0528	1 ♂ Singdrossel	VI. 24
6. 23	Singdrossel	25,64	24							24	0,0550	2 Singschwan	II. 11

Auch für eine Anzahl Säuger gebe ich die entsprechenden Berechnungen. Wie zu erwarten, sind sie im allgemeinen niedriger als bei den Vögeln.

Tabelle 5.
(Herzgröße europäischer Säuger.)

1.	Brandmaus ♀	Klatt	0,01090
2.	Ratte	Hesse	0,01108
3.	Waldmaus ♂	Welcker	0,01130
4.	Hausmaus	Hesse	0,01142
5.	Wildkaninchen 19 ♀	E. Müller	0,01151
6.	Hauskaninchen 15 ♀	"	0,00939
7.	Maulwurf ♂	Welcker	0,01518
8.	Igel 2 ♀	"	0,01584
9.	Mopsfledermaus ♀	"	0,01595
10.	Eichhorn	Parrot	0,01641
11.	Gemeine Fledermaus	Klatt	0,01709
12.	Zwergfledermaus	Hesse	0,01794
13.	Gemeine Spitzmaus 2 ♀	Welcker	0,01814
14.	Ohrfledermaus	"	0,01822
15.	Gemeine Fledermaus 4 ♀	Strohl	0,01926
16.	Wühlmaus 2 ♀	Klatt	0,02129
17.	Wiesel ♂	Bethcke	0,02133
18.	Iltis 7 ♂	"	0,02436
19.	" 4 ♀	"	0,02019
20.	Frettchen 4 ♂	"	0,02105
21.	Frettchen 7 ♀	"	0,01879
22.	Steinmarder ♂	"	0,02618
23.	" 4 ♀	"	0,02284
24.	Hase 2 ♂, 2 ♀	Klatt	0,03724
25.	Mensch 32 ♂, gesund	Bergmann	0,03783
26.	Mensch 4 ♀, gesund	"	0,03436
27.	Fuchs 4 ♂	Klatt	0,04462
28.	" 2 ♀	"	0,04235
29.	Wolf 2 ♂, 1 ♀	"	0,04797
30.	Hund 22 ♂	Vorsteher	0,04322
31.	Reh 5	Bergmann	0,06253

Ich möchte besonders aufmerksam machen auf die bisher nur wenigen Fälle, wo für Männchen und Weibchen derselben Art die Herzgewichte bekannt sind. Dieselben sind ja häufig verschieden hoch, aber da zugleich oftmals eine erhebliche Körpergrößendifferenz zwischen den Geschlechtern besteht, wird aus dem relativen Herzgewicht nicht die genaue Höhe der Differenz ersichtlich. Die Berechnung nach der Exponentenmethode gestattet ohne weiteres klare, zahlenmäßige Angaben. Die Differenz scheint im allgemeinen zwischen 0,002 und 0,004 zu liegen:

Iltis 0,0042, Steinmarder 0,0033, Mensch 0,0035, Fuchs 0,0023.

Frettchen 0,0022. Auch bei den Enten, bei denen Männchen und Weibchen zu vergleichen möglich ist, liegt die Differenz in ähnlicher Höhe:

Tabelle 6.

(Die Herzgröße bei Enten nach Angaben von O. Timmann.)

2 Krickenten ♂	0,03023	} 0,0022	5 Stockenten ♂	0,03241	} 0,0032
2 " ♀	0,02803		4 " ♀	0,02920	
6 Hausenten ♂	0,02570	} 0,0032	7 " ♀	0,02334	

Durch schrägen Druck sind die Haustiere, die neben ihren Wildformen stehen, hervorgehoben. Auch hier, wo durch die Domestikation so erhebliche Größenunterschiede hervorgerufen sind, wird erst durch die Exponentenmethode es möglich, genaue zahlenmäßige Vergleiche anzustellen. Gegenüber den Wildformen zeigen sie eine erhebliche Herabminderung der Werte, die beim Kaninchen z. B. noch unter 0,01 hinuntergehen, was bei keiner der deutschen Wildtierarten sich findet.

Auch verwandte Tiere aus verschiedenen Klimaten sind häufig verschieden groß, so daß die einfache Berechnung der $\frac{0}{100}$ -Werte keine genauen zahlenmäßigen Vergleiche gestattet. Zwar die allgemeine Folgerung, daß in den Tropen das Herz kleiner ist als bei nahe verwandten Arten in unserem Klima oder gar im Norden Europas, habe ich 1913 in meinem Reisebericht schon durch Vergleiche der $\frac{0}{100}$ -Werte oder in manchen Fällen durch direkten Vergleich der absoluten Zahlen feststellen können. Eine genaue zahlenmäßige Feststellung des Unterschiedsgrades gestattet die Exponentenmethode. Rechnet man mit ihrer Hilfe die Werte für p aus, so erhält man, um nur einige der Säugetiere hier anzuführen, folgende Werte:

Tabelle 7.

(Herzgröße abessinischer Säuger nach Angaben von Klatt.)

1. <i>Arvicola abyssinica</i> ♀	0,00510	7. <i>Lepus</i> sp. 5 ♂	0,02540
2. <i>Gerbillus murinus</i> ♂	0,00696	8. <i>Cynalopeus pallidus</i> ♀	0,02562
3. <i>Procavia</i> sp. 3 ♂	0,00965	9. <i>Madoqua saltiana</i> ♂♀	0,02597
4. <i>Nyctinommus pumilus</i> ♀	0,01558	10. Grauschakal 6 ♀	0,03042
5. <i>Hystrix</i> sp. ♂	0,02137	10. " 5 ♂	0,03104
6. <i>Herpestes albicauda</i> 2 ♂	0,02330	12. <i>Gazella isabella</i> 2 ♀	0,03591

Wenn auch die Reihenfolge im großen und ganzen dieselbe ist wie bei den europäischen Säugern (zuerst Muriden, dann Fledermäuse, kleine Carnivoren, große Carnivoren, Huftiere), so sind doch durchgängig die Werte erheblich tiefer als bei den europäischen Verwandten. Man vergleiche z. B. die Hasen miteinander, den Schakal mit Wolf und Fuchs, vollends die Mäuse, die hier sogar Werte weit unter 0,01 liefern, was bei keiner der europäischen Wildarten der Fall ist. Das Bild ist ein viel klareres als der Vergleich nach $\frac{0}{100}$ -Werten von 1913.

Alle diese letzten Gegenüberstellungen zeigen so recht, daß die Herzgröße in weit höherem Grade modifizierbar ist als die Hirngröße. So ist der Herzexponent mehr ein Mittel, die biologische und individuelle Eigenart eines Tieres zahlenmäßig auszudrücken, während der Hirnexponent mehr die systematische Verwandtschaft der Spezies zu ergründen gestattet.

Einige Worte noch zu der Frage, was wird denn nun eigentlich durch die mit Hilfe des Exponenten ausgerechnete Zahl bewertet?

Oben wurde gesagt, daß der Faktor p — denn dieser ist es ja, der hier in Zahlen gefaßt wird — die Summe aller der Faktoren ausdrückt, welche abgesehen von der Körpergröße das Herzgewicht sonst noch bestimmen, und es wurde andererseits das Herz als ein Lebenszentrum bezeichnet, die Zahl dieser Faktoren also sehr weit gefaßt. Es entspricht das der Hesse'schen Auffassung, welcher sagt: „Das Herz ist das wahre Punktum saliens im Getriebe des Tierkörpers“, der „Lebensmaßstab“. Neuerdings hat sich besonders Pütter gegen diese hohe Einschätzung des Herzgewichtes gewendet. Nach ihm kommt es mehr auf „die Güte der Durchblutung“ des Organismus an, die ihrerseits in Beziehung zur Intensität des Stoffwechsels (Maßstab: Der in der Zeiteinheit verbrauchte Sauerstoff) gesetzt werden muß. Aus dem Herzgewicht aber könne man keineswegs auf die Güte der Durchblutung schließen. Ein Herz, das etwa gegen einen Blutdruck von besonderer Höhe zu arbeiten hat, muß schwerer werden, ohne daß die Durchblutung im geringsten besser zu werden braucht, so daß hier also der Schluß auf eine höhere Lebensintensität aus dem bloßen Herzgewicht zu falschen Anschauungen führen müßte. „Es kann bei unähnlichen Herzgewichten ähnliche Durchblutung bestehen . . . Nur wenn die Widerstände gleich sind, bedeutet eine größere Leistung des Herzmuskels auch eine größere Leistung des Herzens für den ganzen Körper.“ Damit wird der Wert physiologisch-anatomischer Schlüsse aus dem bloßen Herzgewicht stark herabgemindert, je mehr, je ferner die verglichenen Formen sich systematisch stehen. Gerade für Überlegungen aber wie die es sind, von denen ich eigentlich zu dieser Untersuchung geführt wurde, nämlich Domestikationsstudien an Haustieren und ihren wilden Verwandten oder vergleichende Untersuchungen an verschiedenen Haustierrassen dürfte der Betrachtung der Herzgröße und der in diesem Aufsatz befürworteten Methode ihrer Vergleichung ihr Wert bleiben. Freilich bin ich mir auch darüber klar, daß man zum Ziel der physiologisch-anatomischen Forschung, nämlich der Zurückführung der Formverhältnisse der Organismen auf bestimmte physiologisch-ökologische Teilgeschehnisse an denselben um so sicherer gelangen wird, je weiter man den Kreis der metrischen Feststellungen zieht. Hätten wir auch nur bei der Hälfte der Formen, für welche das Herzgewicht genau bekannt ist, auch metrische Feststellungen über Pulszahl, Blutdruck u. s. w., so wäre dadurch eine weit gründlichere Erkenntnis der allgemeinen Beziehungen, wie die Erklärung besonderer von der Norm abweichender Fälle möglich. Bei allen solchen metrischen Untersuchungen aber ist Berücksichtigung der Gesamtgröße unerläßlich. Ihr Einfluß muß genau erkannt werden, um keine Fehler aufkommen zu lassen. Aber die Erkenntnis des Größeneinflusses ist nicht bloß unerläßliche Vorbedingung einer klaren Erfassung der Tatsachen, sondern, was noch weit wertvoller ist, das beste Hilfs-

mittel, eine tiefere Einsicht zu gewinnen in die gesetzmäßigen Beziehungen sowohl des Organismus zur Umwelt wie auch der physiologischen Teilgeschehnisse in ihm selbst. Die Gesamtgröße ist gewissermaßen das Skelett, durch das alle einzelnen Teilwerte genau fixiert und zu einem harmonischen Ganzen zusammengehalten werden.

Literatur.

- Bergmann, J., Die Größe des Herzens bei Menschen und Tieren. Inaug.-Diss., München 1884.
- Bethcke, H., Vergleichende Untersuchungen an Frettchen und Iltissen. Zool. Jahrb. Bd. 36, 1918, Abt. f. allg. Zool. u. Phys.
- Dubois, E., Über die Abhängigkeit des Hirngewichtes von der Körpergröße. I. Bei Säugetieren. II. Beim Menschen. — Arch. f. Anthrop. 25, 1898.
- Die gesetzmäßige Beziehung von Gehirnmasse zur Körpergröße bei den Wirbeltieren. — Zeitschr. f. Morph. u. Anthrop. 18, 1914.
- Grober, Über Massenverhältnisse am Vogelherzen. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Vol. 125. 1908.
- Hasebroek, K., Die Entwicklungsmechanik des Herzwachstums. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 168. 1917.
- Hesse, R., Stoffwechsel und Herz. Natur und Schule V. 1906.
- Über die Beziehungen zwischen Herzgröße und Arbeitsleistung bei den Wirbeltieren. Jh.-Hefte d. Ver. f. vaterl. Natur-Kunde in Württemberg 1908.
- Tierbau und Tierleben. I. Bd.: Der Tierkörper als selbständiger Organismus. Leipzig, Teubner. 1910.
- Klatt, B., Bericht über eine Reise nach Eritrea im Frühjahr 1913. Sitz. Ber. Ges. natf. Fr. Berlin 1913, Nr. 8.
- Lapicque, L., Sur la relation du poids de l'encéphale au poids du corps. Compt. rend. soc. de Biol. Ser. X. T. 5. 1898.
- Le poids encéphalique en fonction du poids corporel entre individus d'une même espèce. Bull. et mém. de la soc. d'anthrop. Paris Ser. V. T. 8. 1907.
- Magnan, A., Le poids des muscles pectoraux et le poids du coeur chez les oiseaux. — Compt. rend. Assoc. franc. Av. sc. Sess. 41. 1913.
- Müller, E., Vergleichende Untersuchungen an Haus- und Wildkaninchen. Zool. Jahrb. Bd. 36. 1918. Abt. f. allg. Zool. u. Phys.
- Müller, W., Die Massenverhältnisse des menschlichen Herzens. Hamburg und Leipzig, Leop. Voß. 1883.
- Parrot, C., Über die Größenverhältnisse des Herzens bei Vögeln. Zool. Jahrb. Bd. 7. 1894. Abt. f. Syst.
- Pütter, A., Studien über physiologische Ähnlichkeit. I—IV. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. Bd. 168. 1917.
- Studien über physiologische Ähnlichkeit. V. Ähnliche Herzgewichte. Pflüg. Arch. f. d. ges. Phys. 172 1918.
- Rubner, M., Über den Einfluß der Körpergröße auf den Stoff- und Kraftwechsel. Zeitschrift f. Biol. 19. 1883.
- Snell, O., Das Gewicht des Gehirns und des Hirnmantels der Säugetiere in Beziehung zu deren geistigen Fähigkeiten. Münch. mediz. Wochenschr. 39. 1892.
- Die Abhängigkeit des Hirngewichtes von dem Körpergewicht und den geistigen Fähigkeiten. Arch. f. Psych. 23. 1892.
- Strohl, Die Massenverhältnisse des Herzens im Hochgebirge. Zool. Jahrb. 30. 1910. Abt. f. allg. Zool. u. Phys.

Timmann, O., Vergleichende Untersuchungen an Haus- und Wildenten. Zool. Jahrb. 36. 1918. Abt. f. allg. Zool. u. Phys.

Welcker-Brandt, Gewichtswerte der Körperorgane bei dem Menschen und den Tieren. Arch. f. Anthropol. 28. 1902.

Über die Differenzierung der tierischen Kaumuskeln zu menschlichen Sprachmuskeln.

Von Prof. P. Schiefferdecker, Bonn.

In einer vor kurzem erschienenen Arbeit⁷⁾, in der ich menschliche und tierische Kaumuskeln nach meiner Methode der Ausmessung der Muskelfaser- und Kernquerschnitte untersucht habe, bin ich zu dem Ergebnisse gekommen, daß die menschlichen Kaumuskeln sich aus den tierischen derartig differenziert haben, daß sie beim Menschen nicht nur dem Kauakte, sondern auch dem Mechanismus der Sprache zu dienen imstande sind. Diese Differenzierung ist in der Weise eingetreten, daß die bei den Tieren in ihrer Dicke nur sehr wenig verschiedenen Muskelfasern beim Menschen sehr große Dickenunterschiede zeigen, daß also bei ihm sehr verschiedene Arten von Muskelfasern in den Kaumuskeln bunt durcheinander gemischt liegen. Sehr verschiedene „Arten“, denn diese Fasern unterscheiden sich nicht nur nach ihrer Dicke, sondern auch nach dem Verhalten ihrer Kerne. Ich habe schon in früheren Muskelarbeiten immer wieder zeigen können, daß ein Muskel stets ein mehr oder weniger kompliziert gebautes Organ ist, da er stets aus verschieden dicken Fasern sich aufbaut, die sich ihrem ganzen Wesen nach verschieden verhalten. Es wird dies bewiesen durch die Kernfaserverhältnisse. Je größer die Verschiedenheiten der Fasern in einem Muskel sind und je mehr Arten von verschiedenen Fasern in ihm auftreten, um so komplizierter ist der Bau des Muskels, und um so kompliziertere Leistungen vermag er auszuführen. Die von mir bisher untersuchten menschlichen Kaumuskeln, der Masseter, Pterygoideus internus und Temporalis, zeigen nun alle drei eine höhere Differenzierung als die entsprechenden tierischen Muskeln, besonders hochgradig differenziert ist aber der Masseter, der die beiden anderen genannten Muskeln in dieser Beziehung bei weitem übertrifft. Welches die Ursache hierfür ist, läßt sich vorläufig noch nicht angeben: entweder müßte der Masseter bei den Sprachbewegungen weitaus stärker beteiligt sein als die beiden anderen Muskeln, oder sein Bau muß schon vor der Einwirkung der Ursache, welche die drei Muskeln verändert hat, nach dieser späteren Richtung hin abgewichen sein von den beiden anderen Muskeln, oder endlich der Masseter ist infolge seiner früheren Entwicklungsgeschichte leichter umbildungsfähig gewesen als die beiden anderen Muskeln, so daß er infolgedessen in stärkerem Grade hat umgewandelt werden

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [39](#)

Autor(en)/Author(s): Klatt Berthold

Artikel/Article: [Zur Methodik vergleichender metrischer Untersuchungen, besonders des Herzgewichtes. 406-421](#)