Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München

1921. Heft II

Mai- bis Juli- und November- u. Dezembersitzung

München 1922

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)

Über einige Grundregeln des Stoffwechsels.

Von **M. v. Gruber.**

Vorgetragen in der Sitzung am 12. November 1921.

Wenn man eine Person bequem in einem Liegestuhl lagert und sie veranlaßt, bei verschlossener Nase durch ein Mundstück mit Zufluß- und Abfluß-Ventil so ruhig als möglich zu atmen und ihre gesamte willkürliche Muskulatur soviel als möglich zu entspannen, so sinkt ihre Kohlensäure-Erzeugung und ihr Sauerstoffverbrauch und damit ihre Wärme-Erzeugung in der Zeiteinheit rasch ab, um dann durch längere Zeit annähernd auf gleicher Höhe zu bleiben, so lange die Person sich bequem und behaglich fühlt und vollkommene Ruhe zu bewahren vermag. Man kann dies leicht mittels des Zuntz-Geppertschen Respirationsapparates feststellen.

Die absolute Höhe der Wärme-Erzeugung der Person ist abhängig von ihrem Ernährungs- und Gesundheits-Zustand, namentlich von ihrer Eigenwärme, von ihrer Fähigkeit, auch im wachen Zustande ihre Muskeln zu entspannen, ferner von der Zeitdauer seit der letzten Nahrungsaufnahme. Wenn man eine erwachsene Person wiederholt dem Versuche unterwirft, jedesmal, nachdem sie seit 10 und mehr Stunden nüchtern gewesen und von einer vorangegangenen Arbeit, etwa dem Gang über die Straße, gut ausgeruht ist, und wenn die Person während der ganzen Versuchsdauer wach bleibt, findet man ihre Wärme-Erzeugung in der Zeiteinheit nur wenig, um einige Prozente auf und ab schwankend, so lange die übrigen eben genannten Bedingungen erfüllt sind. Man nennt die so erhaltene

Größe den Grundumsatz, auch das Erhaltungsminimum der Person, obwohl sie keineswegs das Minimum darstellt, da die Wärme-Erzeugung bei andauerndem Hunger oder Unterernährung, namentlich auch im Schlafe noch erheblich unter diese Größe sinken kann. Jener Grundumsatz ist nun bei verschiedenen Personen sehr verschieden groß, namentlich sehr verschieden bei Erwachsenen, Kindern und Jugendlichen verschiedenen Alters und bei den beiden Geschlechtern, verschieden aber auch bei Personen gleichen Geschlechtes und Alters. Diese Verschiedenheit zeigt sich auch dann, wenn man den Grundumsatz auf die Gewichtseinheit, z. B. auf je 1 Kilogramm Körpergewicht und 24 Stunden bezieht. Den größten Einfluß darauf übt die absolute Größe des gesamten Körpergewichtes.

Karl Bergmann war 1847 der Erste, der die Verschiedenheit der Wärme-Erzeugung pro Gewichtseinheit bei verschieden großen Tieren auf die verschiedene Größe des Wärmeverlustes des Tieres infolge der verhältnismäßig verschiedenen Größe der Oberfläche bezogen hat. Bergmann sagte: Physikalisch notwendig muß unter gegebenen Umständen der Wärmeverlust eines Körpers um so größer sein, je größer die wärmeverlierende Fläche ist. Bei Warmblütern muß die Wärme-Erzeugung mit dem Wärmeverluste Schritt halten, weil sonst ihre Körpertemperatur sinken würde. Daher bestimmt bei Homoiothermen die Größe der Körperoberfläche die Größe des wärmeliefernden Stoffwechsels. Da bei ähnlichen Körpern die Masse proportional dem Kubus der Länge, die Oberfläche proportional dem Quadrate der Länge wächst, muß bei den Tieren die Wärme-Erzeugung der Oberfläche proportional sein. Seit M. Rubner im Jahre 1884 an zahlreichen Fällen experimentell gezeigt hat, daß die Größe der Wärme-Erzeugung verschiedener Tiere und auch des Menschen dieser Forderung sehr nahe entspricht, gilt die Proportionalität zwischen W, der Wärme-Erzeugung in der Zeiteinheit, und O, der Körperoberfläche, ziemlich unbestritten als das den Ruhestoffwechsel beherrschende Gesetz. Nur die von Bergmann gegebene Begründung konnte nicht festgehalten werden, daß die Größe des Wärmeverlustes

das für den Grundumsatz Maßgebende sei. Es ist zwar ohne weiteres einleuchtend, daß ein homoiothermer Organismus in einer Umwelt mit stark wechselnden Entwärmungsbedingungen nur dann lebensfähig sein werde, wenn er darauf eingerichtet ist, seine Wärme-Erzeugung einigermaßen der Größe des Wärmeverlustes anpassen zu können; es ist auch experimentell erwiesen, daß eine solche Anpassung erzwungen werden kann; damit ist aber noch nicht entschieden, daß auch der normale Stoffwechsel durch die äußeren Entwärmungsbedingungen regiert werde. Schon Bergmann selbst hatte 1845 eingesehen, daß „die Funktion der Haut ein Mechanismus ist, durch welchen die Gleichhaltung der inneren Temperatur des Körpers ohne eine beständige Anpassung der Wärme-Erzeugung an jene die Wärme-Ableitung äußerlich bedingenden Momente erklärbar ist"; daß infolgedessen „die wechselnde Wärmeproduktion ein untergeordneter Faktor ist, der möglicherweise unter Umständen gar nicht in Frage kommt".

Daß dies in der Tat zutrifft, geht z. B. unwiderleglich aus einem durch seine Einfachheit und Schlagkraft hervorragenden Versuche Hermann v. Hößlins (1888) hervor: Von zwei jungen Spitzhunden gleichen Wurfes wurde der eine in einer auf + 31,5 bis 32° C. erwärmten, mit Wasserdampf gesättigten, der andere in getrockneter Luft von + 5° C. bei gleicher Nahrung aufgezogen. Nach 88 Tagen waren beide Tiere fast gleich schwer; das kalt gehaltene sogar um 10 % schwerer. Als beide Tiere geschlachtet und ihr Fettgehalt bestimmt wurde, zeigte sich, daß das warm gehaltene Tier um 520 g Fett mehr angesetzt hatte. Dies ergibt eine Steigerung der Wärme-Erzeugung des kalt gehaltenen Tieres um 12 % statt einer solchen um 400—500 %, welche zu erwarten war, wenn die äußeren Bedingungen des Wärmeverlustes entscheidend wären. Das erste Tier war fast haarlos geworden, das zweite hatte ein äußerst dichtes Fell bekommen.

H. v. Hößlin hat darauf hingewiesen, daß $G^2/_3$ nicht allein der Körperoberfläche, sondern auch dem ideellen mittleren Körperquerschnitte proportional sei und hat sich in geistvoller

Weise bemüht, durch Überlegungen nachzuweisen, daß die Organisation des Säugetierkörpers die Proportionalität der Wärme-Erzeugung mit der Größe des Körperquerschnitts, also die Konstanz der Wärme-Erzeugung auf die Flächeneinheit des Querschnitts erfordere.

Wie ich der hohen Klasse bereits im Februar d. J. mitteilte, wurde ich durch die Erörterungen über die Brauchbarkeit des sog. Rohrer-Index der Körperproportion zur Feststellung der Unterernährung der Kinder aus Anlaß der Quäkerspeisung dazu gebracht, einmal zu prüfen, wie sich die Wärme-Erzeugung der Gewichtseinheit im Grundumsatz zu der wirklichen individuellen Größe des ideellen Querschnitts verhalte. Diese Prüfung ergab die bemerkenswerte Erkenntnis, daß die Wärme-Erzeugung einer Person, ihr Gesamtverbrauch an potentieller Energie in der Zeiteinheit umgekehrt proportional zur Größe ihres mittleren Querschnitts und geradezu proportional zu ihrer Körperlänge ist. Bei allen Menschen schwankt der Energieverbrauch der „Querscheibe“ oder des Zentimetergewichtes nur innerhalb sehr enger Grenzen, beim erwachsenen Manne beträgt er i. M. 9,4 Kal. pro 1 cm Körperlänge und 24 Stunden. Ich konnte aber schon damals darauf hinweisen, daß enge Beziehungen zwischen dem Energieverbrauche des Individuums und seiner Statur, dem Verhältnisse seiner Körperlänge zu seinem mittleren Querschnitt bestehen, so daß man aus dem Verhältnis von Körperlänge und Körpergewicht in der Regel mit großer Annäherung die Größe des Grundumsatzes einer Person berechnen kann.

Zur Zeit meiner damaligen Mitteilung standen mir nur spärliche Versuchsergebnisse zur Verfügung. Seitdem hat Prof. Hermann Ilzhöfer im hiesigen hygienischen Institute zahlreiche neue Versuche angestellt und ist mir die große amerikanische Literatur über den Grundumsatz, die während des Krieges entstanden ist, insbesondere die Untersuchungen von Fr. G. Benedict und seinen Mitarbeitern, allmählich zugänglich geworden. Das neue Material hat meine früheren Angaben vollkommen bestätigt.

Die Überlegung, von welcher ich bei meinen Berechnungen ausging, war folgende. Bei Teilung des Körpergewichtes durch die Körperlänge erhält man das „Zentimetergewicht" oder das Gewicht einer Scheibe von 1 cm Höhe und einer dem mittleren Querschnitt entsprechenden Grundfläche, der „Querscheibe". Unter der für den Menschen annähernd zutreffenden Annahme eines spezifischen Gewichtes = 1 gibt die Ziffer des Querscheibengewichtes in g zugleich die Größe des mittleren ideellen Querschnitts in qcm. Unter der gleichen Voraussetzung bietet 1 kg Körpergewicht als Scheibe von 1 cm Höhe gedacht eine Grundfläche von 1000 qcm dar. Der Quotient W/G, Gesamt-Wärme-Erzeugung in 24 Stunden durch Körpergewicht, gibt somit nicht allein den Energieverbrauch auf 1 kg bzw. 1 g Körpergewicht, sondern auch den Energieverbrauch auf 1000 qcm bzw. 1 qcm Querschnitt. Aus der Proportion: $W/G : 1 = x : G/L$, in der x die gesamte Wärme-Erzeugung in kcal der gegebenen Querscheibe bzw. auf die gegebene Querschnittsfläche bedeutet, ergibt sich $x = W/G \cdot G/L$. Dieser Ausdruck vereinfacht sich zu W/L, d. h. die Wärme-Erzeugung der Querscheibe ist — selbstverständlich — gleich der Wärme-Erzeugung auf 1 cm Körperlänge.

Die Rechnungen ergaben nun eine sehr strenge negative Korrelation zwischen der Wärme-Erzeugung der Gewichtseinheit und der Größe des mittleren Querschnitts, was in dem verhältnismäßig geringen Schwanken des Wertes von x zum Ausdruck kommt. So beträgt der Mittelwert der Wärme-Erzeugung auf 1 cm Körperlänge W_L i. M. von 277 annähernd normalen, jugendlichen und erwachsenen männlichen Personen in den Altersklassen:

Jahre	5–8	9–12	13–16	17–20	21–23	24–40	41–70	71 u. mehr
W_L	9,4	9,3	9,45	9,8	9,4	9,4	9,3	8,3
Zahl der Beobachtungen	7	10	18	23	60	125	24	10

Das Wichtigste an diesen Daten ist, daß der Energieverbrauch auf 1 cm Körperlänge des Knaben zu Beginn des schulpflichtigen Alters i. M. der gleiche ist,

wie der des erwachsenen Mannes bis hoch ins Greisenalter hinauf. Dieser Wert scheint nur in der Zeit unmittelbar nach erreichter Pubertät, die ja als eine Zeit überschäumender Jugendfrische bekannt ist, etwas höher zu liegen.

Im einzelnen kommen erhebliche Abweichungen vom Mittel vor. Diese treten keineswegs durchaus regellos auf. Wenn man in jeder Altersgruppe die Fälle nach der Größe des Querschnitts ordnet, zeigt sich eine ziemlich strenge positive Korrelation zwischen ihr und der Höhe von W_L. Da im allgemeinen der Wert von W_L unabhängig von der Größe von Q ist, wie das Konstantbleiben des Mittelwertes vom Kindes- bis zum Greisenalter beweist, lag es nahe, den hier hervortretenden Einfluß der Größe von Q auf dessen Verhältnis zur Länge zu beziehen. Ich wählte als Ausdruck für dieses, als Statur-Index, wie schon früher der Amerikaner Bardeen, den Bruch $\frac{1000\sqrt{Q}}{L}$, d. i. das Verhältnis der Körperlänge der Person zu der Seitenlänge ihres quadratisch gedachten mittleren Querschnitts; zur Vermeidung von Dezimalen multipliziert mit 1000. Dieser Index hat sich mir sehr gut bewährt. Die Ordnung der Befunde nach diesem Index ergab eine noch strengere positive Korrelation als die Ordnung nach Q.

In jeder Altersgruppe bewegen sich die Zahlen von W_L annähernd in den gleichen Grenzen; die übereinstimmenden Zahlen liegen aber bei sehr verschieden großen Querscheibengrößen und Indices, wie dies bei den großen Verschiedenheiten des Körpergewichtes und der Statur von Kindern und Erwachsenen nicht anders sein kann. Es lag nahe, nachzuprüfen, wie sich diese Zahlen zueinander stellen, wenn man die Indices der einzelnen Altersklassen gemäß der mittleren Wachstums-Entwicklung des Körpers aneinander reiht. Ich wählte als Grundlage die Wachstums-Entwicklung des „mittleren Menschen", wie sie sich aus der Statistik Quetelets ergibt. Ich wählte diese, weil sie eine weit größere Zahl von Einzelfällen umfaßt, als alle anderen mir bekannten. Trotz zahlreicher Störungen der Entwicklung im einzelnen wird man annehmen

dürfen, daß im großen und ganzen dieselben Personen, welche im Kindesalter die Mittelwerte aufweisen, dies auch in den höheren Altersstufen tun werden. Entsprechend darf wohl auch angenommen werden, daß die Wachstums-Entwicklung in den Abweichereihen im allgemeinen jener der „mittleren Menschen" parallel geht. Auf diese Voraussetzungen ist die folgende Tabelle gegründet, welche alle männlichen Personen zwischen 5 und 40 Jahren umfaßt.

Tabelle I.

Alter, Statur-Index der Erwachsenen und W_L[1]).

Alter in Jahren	90,1 — 95	95,1 — 100	100,1 — 105	105,1 — 100	110,1 — 115	115,1 — 120	120,1 — 125	125,1 — 130	130,1 — 135	alle
5–8		8,4		9,1	9,5	9,6	10,5			9,4
		(1)		(2)	(2)	(1)	(1)			(7)
9–12				8,8	9,5	9,0	9,4			9,3
				(1)	(4)	(2)	(3)			(10)
13–16			7,8	8,5	9,5	9,85	9,6	10,0		9,45
			(1)	(2)	(6)	(6)	(2)	(1)		(18)
17–20				9,2	9,6	9,9	10,7	10,8		9,8
				(4)	(7)	(9)	(1)	(2)		(23)
21–23		9,0	9,5	9,1	9,3	9,8	9,8	10,2		9,4
		(3)	(3)	(14)	(21)	(9)	(7)	(3)		(60)
24–30	9,2	9,0	8,9	9,2	9,5	9,6	10,25	11,3	10,7	9,4
	(1)	(3)	(15)	(22)	(22)	(3)	(8)	(2)	(1)	(87)
31–40	8,4	7,8	8,2	9,15	9,2	10,4	9,2	11,15	10,2	9,45
	(1)	(2)	(4)	(8)	(6)	(8)	(3)	(2)	(4)	(38)

Die geringe Zahl der vorliegenden Beobachtungen erklärt, warum die Reihen auch in den Mittelwerten gar manche Unregelmäßigkeiten zeigen. Trotzdem tritt das Ansteigen von W_L mit dem Ansteigen des Index klar hervor, ebenso wie andererseits das Gleichbleiben des W_L in den einzelnen Indexreihen während einer langen Lebensperiode. Leider fehlen Beobach-

[1]) Die eingeklammerten Zahlen geben die Zahl der Fälle an.

tungen über den Energieverbrauch ein und derselben Person von Kindesbeinen bis zur Reife hinauf, die vorliegende Tabelle scheint aber kaum eine andere Annahme zuzulassen, als daß der Grundumsatz jeder Person auf eine gewisse individuelle Höhe der Wärme-Erzeugung bezogen auf 1 cm Körperlänge oder auf den mittleren ideellen Querschnitt eingestellt ist, und diesen Wert unabhängig von den Veränderungen der absoluten Größe dieses Querschnitts von der Kindheit bis zum endlichen Zusammenbruch im Alter festhält. In der Tat haben Beobachtungen an Prof. Zuntz, die sich über 30 Jahre erstrecken, so lange er gesund war, immer annähernd den gleichen Wert ergeben, und ebenso verhält es sich bei mir während der letzten 8 Jahre, in denen Prof. Ilzhöfer Messungen an mir gemacht hat. Ebenso verbrauchte der Apostel des langen Kauens Horace Fletscher mit 63 Jahren ebensoviel Kalorien auf den Querschnitt, wie mit 54 Jahren, obwohl sein Körpergewicht inzwischen von 71,6 auf 82 kg gestiegen war[1]).

Aus den Untersuchungen von Fr. G. Benedict und seinen Mitarbeitern läßt sich dagegen berechnen, daß die eben ausgesprochene Gesetzmäßigkeit für das frühe Säuglingsalter nicht gilt. W_L ist bei den Neugeborenen sehr niedrig (i. M. nur 2,7 Kal.). Sie steigt aber schon während der ersten Lebenswochen und weiter rapid an, so daß sie zu Ende des 1. Lebensjahres, vielleicht schon früher die individuelle Höhe des späteren Lebens erreicht. Herr Dr. Ullrich ist in meinem Institute damit beschäftigt, diesen Zeitpunkt genauer festzustellen. Schon bei den Neugeborenen zeigen sich übrigens wie bei den älteren Kindern und Erwachsenen individuelle Unterschiede des W_L, welche mit der Statur in so enger Korrelation stehen, daß man jene aus dieser vorhersagen kann.

[1]) Wie ich erst nach meinem Vortrag in der Februar-Sitzung erfahren habe, hat der Kinderarzt Reiche bereits im Jahre 1916 aus den von den Säuglingen verbrauchten Milchmengen erschlossen, daß ihr Energieverbrauch auf 1 cm Körperlänge eine Konstante sei, und hat mit der Kühnheit der Jugend dies verallgemeinert. Seine Grundlagen waren aber so unsicher, daß er zu falschen Zahlen gelangte.

Bei weiblichen Personen ist W_L bei gleichem Alter und gleichem Statur-Index um etwa 8,5 Prozent niedriger als bei männlichen.

Der Hauptwert des Statur-Index liegt darin, daß er die Vorausberechnung der Höhe des Grundumsatzes aus Gewicht und Körperlänge der Person gestattet.

Wie genau man mit Hilfe einer von Pearson angegebenen und von Harris abgeänderten Regressionsformel aus dem Statur-Index W_L ableiten kann, zeigt die folgende Gegenüberstellung:

Alle Männer zwischen 21 und 40 Jahren:

	W_L		
Mittlerer Index	berechnet	beobachtet im Mittel	Diff.
94,2	8,29	8,22	+ 0,07
98,8	8,58	8,70	— 0,12
103,95	8,91	8,71	+ 0,20
108,1	9,17	9,27	— 0,10
112,7	9,455	9,41	+ 0,045
118,0	9,79	9,91	— 0,12
122,3	10,06	9,90	+ 0,16
127,6	10,39	10,78	— 0,39
131,0	10,60	10,30	+ 0,30

Auch wenn es sich um die Vorhersage für einzelne Personen handelt, bewährt sich die Regressionsformel, welche sich aus der für unser Material gefundenen Korrelation $r_{W_L, J} = + 0{,}9853 \pm 0{,}0216$ ergibt, sehr gut. Bei ungefähr 60 % der Männer in Vollkraft beträgt die Abweichung zwischen Berechnung und Beobachtung weniger als ± 5 % und bei etwa 90 % weniger als ± 10 %; was für biologische Verhältnisse als sehr befriedigend zu bezeichnen ist. Nur in etwa 10 Prozent der Fälle gehen Berechnung und Beobachtung noch weiter auseinander.

Bei unerwachsenen Personen ist die Berechnung allerdings sehr viel unsicherer als bei den erwachsenen. Bei den Unerwachsenen gibt es nämlich vorläufig eine große Schwierigkeit. Um mit Hilfe einer einheitlichen Formel auch bei Jugendlichen die Vorhersage des W_L machen zu können, muß man, mit Rücksicht auf ihre ganz anderen Größenverhältnisse an Stelle

des tatsächlich beobachteten Statur-Index den im erwachsenen Zustande bei normaler Entwicklung zu erwartenden einsetzen. Nun liegen weder für Deutsche noch für Amerikaner in ausreichender Menge Daten vor, welche sich über die ganze Entwicklungsperiode erstrecken und mußte ich daher, mangels von Verläßlicherem, mich auch hier an die Queteletschen Zahlen halten. Diese Kühnheit dürfte deshalb etwas milder beurteilt werden dürfen, weil ich nicht absolute Größen, sondern nur die Verhältniszahlen von Gewicht und Länge benötige. Jedenfalls stimmen meine Berechnungen auch für Jugendliche mit den Beobachtungen erstaunlich gut, i. M. besser überein, als jene nach den bisherigen, rein empirisch ausprobierten Formeln von Dubois, Dreyer, Benedikt und anderen. Auf den Wert, den die Möglichkeit einer solchen Vorausberechnung für den Kliniker hat, soll hier nicht eingegangen werden. Theoretisch bedeutsam ist es, daß dem Anscheine nach die Größe der W_L ein angeborenes, wahrscheinlich genotypisch bedingtes Merkmal ist, das mit der genotypisch bedingten Statur in enger Korrelation steht.

Es wurde bereits gesagt, daß die Größe von W_L mit der Größe des ideellen Querschnitts Q zunimmt. Für die Gesamtheit der männlichen Fälle ohne die Greise über 70 Jahre ist das Verhältnis im Mittel des hier zugänglichen Materials dieses:

Q	unter 226	226 — 256	250 — 275	276 — 300	301 — 325	326 — 350	350 — 375	376 — 400	401 — 425	426 — 450	451 — 475	476 — 500	501 — 525	526 — 550	551 — 575	576 — 600
W_L	6,7 (1)	—	9,45 (1)	8,38 (6)	8,45 (24)	9,11 (44)	9,53 (57)	9,63 (43)	9,89 (42)	9,89 (20)	10,34 (19)	10,27 (4)	10,83 (3)	12,2 (1)	—	129 (1)

Aber die Zunahme der Größe des W_L ist verhältnismäßig zum Wachstum des Q doch so gering, daß die Korrelation zwischen dem Querschnitt Q und $\frac{W|L}{Q} = \frac{W}{G}$ eine negative ist, d. h. daß auf die Flächeneinheit der Querscheibe von 1 cm Höhe und auf die Gewichtseinheit um so weniger Kalorien entfallen, je größer Q ist. Die von Hößlin angenommene Konstanz des Energieverbrauchs auf die Flächeneinheit des ideellen Querschnitts besteht nicht.

Wesentlich anders als der Quotient W/L verhält sich der Quotient W/Q, den man sich als die Wärme-Erzeugung einer Säule von der Querschnittsfläche = 1 und der wirklichen Körperlänge vorstellen kann. Dieser Quotient W/Q sinkt mit steigendem Alter, wie die folgenden Mittelzahlen für Männliche lehren:

Alter	5—8 J.	9—12	13—16	17—20	21—23	24—30	31—40
W_Q	6,31	5,90	5,23	4,78	4,46	4,40	4,23

Der Quotient W/Q sinkt auch mit steigender Querscheibengröße, wie z. B. die folgende Reihe der 31- bis 40jährigen Männer beweist:

Q	275—299	300—324	325—349	350—374	375—399	400—424	425—449	450—474	475—499	500—524
W_Q	4,86	4,60	4,35	4,36	4,24	4,21	4,04	3,78	3,60	3,99

Die bemerkenswerte Feststellung, daß nicht die Wärme-Erzeugung auf die Flächeneinheit des Querschnitts, sondern die Wärme-Erzeugung auf den cm Körperlänge, d. h. die Wärme-Erzeugung der ganzen Querscheibe von 1 cm Höhe vom Individuum konstant gehalten wird, gleichgiltig, wie sehr diese im Laufe des Lebens wächst, legte es nahe, zu prüfen, wie es sich denn mit anderen Längen und Flächen des Körpers in dieser Beziehung verhält. Von besonderer Wichtigkeit schienen die Größen $G^{1/3}$ und $G^{2/3}$ zu sein. Die folgenden Zahlen geben an, wie viele Kalorien auf die Längeneinheit von $\sqrt[3]{G}$ entfallen.

Es zeigte sich, was eigentlich bei dem engen Zusammenhange aller Körpermaße zu erwarten war, ein fast vollkommener Parallelismus des Quotienten $W/\sqrt[3]{G}$ mit dem Quotienten W/L[1]). So ergab sich auch hier, daß das Mittel von $W/\sqrt[3]{G}$ in allen Altersklassen nahezu gleich bleibt. Bei Männlichen fanden sich folgende Mittelzahlen:

[1]) Wo Abweichungen im Verhältnis der beiden Größen bestehen, sind sie durch Fehler bei der Gewichts- oder bei der Längenmessung bedingt.

Alter in J.	6—8	9—12	13—16	17—20	21—23	24—40	41—70
$W/\sqrt[3]{G}$	39,3	41,1	41,5	42,5	40,6	40,7	39,4
Zahl der Fälle	7	10	18	23	63	117	25

Dies heißt also, daß der menschliche Organismus auf jeden cm von $\sqrt[3]{G}$ im Grundumsatz stets annähernd gleich viel potentielle Energie verbraucht. Wie W_L steigt der Mittelwer von $W_{\sqrt[3]{G}}$ vom Alter von 5—8 Jahren bis zum Alter von 17—20 Jahren etwas an, um dann wieder zu sinken. Aber diese Schwankung ist sehr geringfügig.

Da in dem Ausdrucke $\sqrt[3]{G}$ die Besonderheiten der Statur der Personen vollständig verwischt sind, tritt bei Ordnung der Befunde nach dem Statur-Index keine Regelmäßigkeit hervor, wie folgendes Beispiel zeigt:

Männliche von 5—30 Jahren als erwachsen angenommen:

Statur-Index	90,1 — 95	95,1 — 100	100,1 — 105	105,1 — 110	110,1 — 115	115,1 — 120	120,1 — 125	125,1 — 130	130,1 — 135
$W/\sqrt[3]{G}$	42,35	40,25	39,15	40,6	40,9	41,6	40,7	42,8	38,3

Dagegen ist die Korrelation zwischen W_L und $W_{\sqrt[3]{G}}$, abgesehen von Messungsfehlern, auch im einzelnen eine fast absolute; so daß also auch in $W_{\sqrt[3]{G}}$ die konstitutionelle Verschiedenheit der Individuen, wenn auch nicht sofort erkennbar, durch Vergleich mit W_L klar zum Ausdruck kommt. Das Verhältnis von W_L zu $W_{\sqrt[3]{G}}$ ist bei meinem Material im Alter von

5—8	9—12	13—16	17—20	21—23	24—30	31—40
1 : 4,18	4,42	4,39	4,34	4,32	4,33	4,24

Bei der Konstanz von $W/\sqrt[3]{G}$ war es prüfenswert, wie sich der Quotient $W/G^{2/3}$ in verschiedenem Lebensalter und bei verschiedener individueller Konstitution verhält. Die folgende Tabelle gibt darüber Aufschluß, in welcher die Fälle einerseits nach dem Alter, andererseits nach der Größe von W_L geordnet sind.

Tabelle II.

Alter, W_L und $W_{G^{2/3}} \times 1000$. Männliche bis 40 J.

Alter Jahre	6,5 — 6,9	7,0 — 7,4	7,5 — 7,9	8,0 — 8,4	8,5 — 8,9	9,0 — 9,4	9,5 — 9,9	10,0 — 10,4	10,5 — 10,9	11,0 — 11,4	11,5 — 11,9	alle
5–8				1401		1456	1483	—	1525			1470
				(1)		(2)	(3)		(1)			(7)
9–12				1185	1279	1339	1361	1397				1331
				(1)	(2)	(3)	(1)	(3)				(10)
13–16			1047	—	—	1173	1228	1171	—	1252		1172
			(2)			(8)	(3)	(4)		(1)		(18)
17–20				973	899	1097	1099	1115	1106			1081
				(2)	(1)	(6)	(2)	(7)	(3)			(24)
21–23			909	1000	1003	1007	1004	1105	1055	1124	1139	1026
			(2)	(3)	(14)	(16)	(11)	(9)	(1)	(2)	(2)	(60)
24–30	965	1141	959	986	982	1003	1043	1062	1048	1188	1115	1027
	(1)	(1)	(1)	(5)	(19)	(19)	(19)	(10)	(5)	(3)	(3)	(86)
31–40			921	989	993	980	1007	988	1039	1125	1111	966
			(4)	(3)	(2)	(10)	(7)	(7)	(2)	(1)	(2)	(38)

Diese Tabelle zeigt vor allem, daß die Wärme-Erzeugung im Verhältnis zur Flächeneinheit von $G^{2/3}$ mit zunehmendem Alter rasch abnimmt. Der Grundumsatz der Flächeneinheit von $G^{2/3}$ ist im Alter von 5—8 Jahren um mehr als 40 Prozent höher als im erwachsenen Zustande. Die Abnahme ist in allen Stäben der Tabelle unverkennbar, wenn auch bei der Kleinheit der Zahlen vielfach Störungen der Regel bemerklich werden.

Die Betrachtung der Horizontalreihen zeigt weiter, daß innerhalb der einzelnen Altersklassen der Energieverbrauch der Flächeneinheit von $W_{G^{2/3}}$ parallel mit W_L steigt; also ebenfalls in erheblichem Maße von konstitutionellen Faktoren abhängt.

Ich darf hier nicht ausführlich auf die Verhältnisse beim weiblichen Geschlechte eingehen. Es genügt, zu sagen, daß

sich bei ihm genau dieselben Gesetzmäßigkeiten zeigen, wie beim männlichen.

Ich habe die Wärme-Erzeugung im Grundumsatz auch mit anderen wichtigen Körpermaßen verglichen. In allen Fällen findet man ausgesprochene enge Korrelationen. Es gibt aber kein Verhältnis, das mit Ausnahme des Säuglingsalters durch alle Altersklassen hindurch auch nur annähernd so konstant bleibt wie die Verhältnisse $W : L$ und $W : \sqrt[3]{G}$.

Ich halte es für das Klügste, mich vorläufig jeden Versuches der Erklärung dieses merkwürdigen Ergebnisses zu enthalten. Verschiedene Überlegungen mahnen zur Vorsicht. Vor allem muß bedacht werden, daß der „Grundumsatz" keineswegs das Minimum des Energieverbrauchs des gesunden und ausreichend ernährten Organismus darstellt. Dieser sinkt im Schlafe noch erheblich ab. Man wird warten müssen, bis ausreichende Erfahrungen über den Stoffwechsel der Erwachsenen wie der Kinder im Schlafe vorliegen. Den Umsatz schlafender Kinder, über den in neuester Zeit Mitteilungen gemacht worden sind, mit dem wachender Erwachsener zu vergleichen, geht nicht an.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften München

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: 1921

Autor(en)/Author(s): Gruber Max von

Artikel/Article: Einige Grundregeln des Stoffwechsels 341-354