Ueber den Gaswechsel der Tropenbewohner, speciell mit Bezug auf die Frage von der chemischen Wärmeregulirung.

Von

Dr. C. Eykman
aus Batavia.

Die Frage von der Regulirung der Körperwärme bei wechselnder Umgebungstemperatur ist in dieser Zeitschrift zu wiederholten Malen Gegenstand eingehender Untersuchungen und Erörterungen gewesen. Namentlich bemühten sich die betreffenden Forscher festzustellen, ob neben der Regulirung der Wärmeabgabe — physikalische W.-R. im Sinne Rubner's — auch, wie schon Lavoisier annahm, eine Anpassung der Wärmeproduktion an die wechselnden Umgebungsbedingungen — chemische W.-R. im Sinne Rubner's — stattfinde. Das Ergebniss dieser Forschungen war, insofern es sich um Thierversuche handelte, nicht zweideutig; es lässt sich dahin zusammenfassen, dass in der Kälte eine gesteigerte Wärmeproduktion zu constatiren ist, als Folge eines vermehrten Stoffumsatzes, der als ein von dem Kältereiz ausgelöster Reflexvorgang aufzufassen sei. Seitdem hat aber Löwy in diesem Archiv (Bd. 46) gezeigt, dass jenes Resultat der Pflüger'schen Schule nicht ohne weiteres auf den Menschen ausgedehnt werden darf. Hatte schon Voit sich dahin geäussert, dass unter den gemeiniglich beim Menschen obwaltenden Verhältnissen keine einigermaassen erhebliche Regulirung im erwähnten Sinne existire, und Speck eine solche sogar ganz in Abrede gestellt, so sah Löwy nur dann bei seinen Versuchspersonen einen vermehrten Sauerstoffverbrauch erfolgen, falls die Kälteeinwirkung unwillkürliche Muskelcontractionen hervorrief — unter Umständen also, die für die gewöhnlichen Verhältnisse als maassgebend nicht zu betrachten sind. Dazu waren die Zitterbewegungen nicht einmal im Stande das Sinken der Körpertemperatur aufzuhalten, stellten somit auch im

Verein mit der Hautwirksamkeit keine vollständige Regulirung dar. In allen denjenigen Fällen aber, wo von intelligenten, mit ihren Körperfunktionen vertrauten Individuen völlige Muskelschlaffheit angegeben wurde, war nie eine Zunahme des Sauerstoffverbrauchs zu constatiren.

Eine reflektorisch-chemische Wärmeregulation im Pflügerschen Sinne hat mithin durch diese Versuche für den Menschen nicht nachgewiesen werden können. Indess ist festzuhalten, dass jene Experimente sich nur auf relativ kurz dauernde Temperatureinwirkungen beziehen. Wie ich aber in einer früheren Arbeit über den Stoffwechsel der Tropenbewohner hervorhob¹⁾, spricht eben eine bekannte Erfahrung dafür, dass eine fort dauernde Ursache für vermehrte (bezw. verminderte) Wärmeverluste doch wohl eine Steigerung (bezw. Abnahme) der Wärmeproduktion nach sich ziehen kann. Es ist das die Thatsache, dass zwischen der Intensität des Stoffwechsels und der Entwicklung der Körperoberfläche ein inniger Zusammenhang besteht, in dem Sinne, dass kleinere Individuen mit ihrer relativ grösseren Körperoberfläche pro kg Körpergewicht mehr Wärme verlieren und demgemäss auch mehr produciren, als bei grösseren Individuen der Fall ist. Nach Analogie dieser Thatsache erscheint, auch vom Standpunkte der Physiologen, eine direkte Beeinflussung des Stoffwechsels bezw. der Wärmeproduktion durch die verschiedenen Jahreszeiten und Klimaten nicht ausgeschlossen. Gerade über diesen Punkt fehlte es jedoch an eingehenden Untersuchungen, wenn man wenigstens von einzelnen wenigen Thierversuchen absieht, die über den Einfluss der Jahreszeiten auf den Stoffwechsel angestellt wurden, ohne aber die betreffenden Autoren (Senator, Finkler, Herzog Carl Theodor von Baiern) zur Einstimmigkeit bringen zu können. Was speciell das tropische Strandklima anbetrifft, sind solche Untersuchungen um so mehr angezeigt, als es hier nicht nur die hohe Temperatur, sondern auch die grosse Luftfeuchtigkeit ist, die die Wärmeabgabe behindert, und das Bedürfniss nach Herabsetzung der Wärmeproduktion doppelt in die Augen springen lässt.

Vor einigen Jahren habe ich in Virchow's Archiv (Bd. 133) berichtet über Stoffwechselversuche, die von mir bei in den Tropen

1) Virchow's Archiv, Bd. 133.

lebenden Personen (Männern) ausgeführt waren. Dabei stellte sich heraus, dass der in Batavia lebende Europäer, von etwa 65 kg Körpergewicht, bei leichter Arbeit täglich in der Nahrung aufnimmt:

	Eiweiss	Fett	C.-Hydrate	Alkohol
	99,6 gr	83,8 gr	264,2 gr	28,5 gr, wovon resor-
birt werden:	88,2 gr	79,1 gr	256,4 gr	28,5 gr.

Nach Rubner ergibt sich daraus ein Wärmewerth von brutto 2470, netto 2349 Cal. Nach der Immermann'schen Formel berechnet sich danach der Wärmewerth für einen 70 kg schweren Mann auf netto 2466 Cal.

Für annähernd die gleiche Arbeitskategorie wie die, wozu unsere Versuchspersonen gehörten, ist nach Rubner in Europa der einem 70 kg schweren Manne zukommende Wärmewerth durchschnittlich auf netto 2445 Cal. zu veranschlagen. Wir schlossen danach, dass sich eine regulatorische Herabsetzung der Wärmebildung bei dem, leichtere Arbeit leistenden, europäischen Tropenbewohner nicht nachweisen liess.

Ebensowenig liess sich aus den an unseren malayischen Versuchspersonen ermittelten Thatsachen auf das Bestehen einer chemischen Wärmeregulirung schliessen.

Unsere Ergebnisse bekräftigten somit die Ansicht, zu der Voit schon früher auf Grund von theoretischen Ueberlegungen gelangt war und die er durch die allerdings noch spärlichen Nachrichten über die Kost in heissen Ländern bestätigt fand, dass nämlich für die höheren Wärmegrade keine in Betracht kommende Wärmeregulirung durch verminderte Oxydation zu existiren scheint.

Für diese Ansicht spricht auch die Erfahrung, dass die physikalische Wärmeregulation, die behufs einer genügenden Wärmeabgabe gesteigerte Hautfunktion, beim Tropenbewohner sich in hohem Maasse geltend macht. Dies wäre kaum verständlich, wenn eine einigermaassen beträchtliche Verminderung der Wärmeproduktion mit ins Spiel käme. Dass eine solche ganz ausgeschlossen sei, möchte ich dennoch bis auf Weiteres nicht behaupten und wäre das unter den gegebenen Versuchsbedingungen auch kaum zu beweisen. Man darf eben nicht aus den Augen lassen, dass die oben zum Vergleich aufgeführten Durchschnittszahlen für die Wärmeproduktion in Europa und in Indien keine absolut zuverlässigen Normen darstellen, sondern nur Annäherungswerthe sind,

die von nebensächlichen Momenten, wie Unterschieden in der Lebensweise, den Ernährungsverhältnissen, der Beschäftigung u.s.w., sowie von individuellen Verschiedenheiten in Verbindung mit der beschränkten Zahl der Versuchspersonen, störend beeinflusst sein könnten.

Aus diesen Erwägungen heraus erschien es von Interesse, der Frage von der chemischen Wärmeregulirung beim menschlichen Tropenbewohner auch noch auf anderm Wege, und zwar durch die Untersuchung des respiratorischen Gaswechsels, näherzutreten.

In mancher Hinsicht entscheidende Resultate lassen sich, wie Zuntz c. s. bei verschiedenen Gelegenheiten erörtert haben, auch aus relativ kurz dauernden Respirationsversuchen gewinnen. Diese haben — abgesehen noch von ihrer leichteren Ausführbarkeit — auch für uns den besonderen Vortheil, dass sich dabei, indem man nur ruhende und nüchterne Personen untersucht, wenigstens der direkte Einfluss der Ernährung und der Körperarbeit auf den Stoffumsatz ziemlich wohl ausschliessen lässt.

Was speciell die Beurtheilung der Wärmeproduktion anbelangt, so ist festzuhalten, dass dafür die Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs bei weitem mehr maassgebend ist, als die der Kohlensäureausscheidung. Denn, wie Rubner¹⁾ angiebt, wechselt die Calorienzahl, die bei der Produktion einer bestimmten Kohlensäuremenge gebildet wird, im Verhältniss von 100:107:129, je nachdem Kohlenhydrat, Eiweiss oder Fett den Kohlenstoff dazu abgegeben haben. Für den Sauerstoffverbrauch sind die entsprechenden Verhältnisszahlen 100:84:92, wobei noch in Betracht zu ziehen ist, dass die Wärmeproduktion beim Menschen vorwiegend auf das Conto der Verbrennung von Kohlenhydrat und Fett kommt, für welche beiden Stoffe die entsprechenden Zahlen pro Aequivalent Kohlensäure gerade ziemlich viel (29 Proc.), pro Aequivalent Sauerstoff dagegen nur wenig (8 Proc.) auseinandergehen.

Der respiratorische Gaswechsel des Tropenbewohners wurde bis jetzt, sofern uns bekannt ist, noch nicht untersucht. Zwar begegnet man in der bezüglichen Literatur mitunter der Angabe, dass nach Rattray die Kohlensäureausscheidung in den Tropen nicht unerheblich herabgesetzt sei, beim Einsehen der Original-

1) Zeitschr. f. Biologie 21, S. 363.

abhandlung¹⁾ aber stellte sich heraus, dass dessen Angabe nicht auf thatsächlicher Beobachtung beruht, sondern lediglich das Ergebniss ist einer Berechnung, die von sehr anfechtbaren Prämissen ausgeht.

Rat t r a y's Gedankengang ist folgender:

Das Athemluftquantum ist, wie spirometrische Versuche lehren, im Tropenklima kleiner als im gemässigten Luftstrich. Die Differenz beträgt 7,567 Proc. für einen Temperaturunterschied von 18° F. (83—65° F.), und dementsprechend wird auch die Kohlensäuremenge herabgesetzt sein, welche die Lungen nach aussen abzugeben im Stande sind. „But as tropic air contains less oxygen for a given bulk than air of colder latitudes, the decarbonating capabilities of the lungs will evidently be still further curtailed, and the amount of carbon they can throw off considerably decreased.“ Weil nun der Ausdehnungscoefficient der Gase pro Grad Fahrenheit $\frac{1}{480}$ beträgt, wird der erwähnte Unterschied:

$$100 - (100 - 7,567) \frac{480}{480 + 18} = 10,9 \text{ Proc.}$$

In ähnlicher Weise begründet auch J o u s s e t seine Ansicht „que la respiration est diminuée, qu'elle absorbe moins d'oxygène et qu'elle élimine moins d'acide carbonique“²⁾.

Auffallend ist dabei jedoch, dass Rat t r a y und J o u s s e t auf Grund von in geradem Widerspruch mit einander stehenden Annahmen dennoch zum gleichen Schluss kommen, dass nämlich die Lungenventilation im tropischen Klima weniger ergiebig ist. Ersterer fand, wie vor ihm andere englischen Forscher (D a v y - C o p l a n d), die Athemfrequenz vermindert, die Menge der Respirationsluft hingegen ein wenig zugenommen:

	Cubic inches in each inspiration		Number of respirations		Cubic inches respired per minute
England . . .	15	×	17	=	255
Tropics . . .	16,836	×	14	=	235,704

Difference in favour of a temperate climate . . 19,296 Cub. inch.
= 7,567 Proc.

1) Proceedings Royal Society 1870.

2) Traité de l'acclimatement et de l'acclimatation, Paris 1884.

J o u s s e t constatirte demgegenüber, in Uebereinstimmung mit anderen französischen Beobachtern (C r e v a u x, F é r i s), dass die Athembewegungen in der heissen Zone an Frequenz zu- und an Tiefe abgenommen hatten :

in der gemässigten Zone . . . $16 \times 100 = 1600$ ccm pro Minute

in der heissen Zone $18 \times 85 = 1530$ „ „ „

Differenz zu Gunsten der gemässigten Zone . . 70 ccm pro Minute
oder 4,375 Proc.

Man ersieht, wie wenig begründet die Annahme ist, dass die Lungenventilation im tropischen Klima eine Verminderung erleidet. Aber auch wenn ihre Richtigkeit feststände, brauchte es kaum des Hinweises, dass eine Anschauung, wie jene der obengenannten Autoren, die den Stoffwechsel unmittelbar abhängig macht vom Gaswechsel in den Lungen, einen in der Physiologie schon längst überwundenen Standpunkt kennzeichnet.

Es war L a v o i s i e r, der der Vorstellung Geltung verschaffte, dass kalte Luft, ihrer grösseren Dichtigkeit wegen, eine vermehrte Oxydation im Lungenblut veranlasst. Liebig, der anfänglich der gleichen Meinung war, ist später davon zurückgekommen, insofern als er die gesteigerte Sauerstoffaufnahme in den Lungen nicht mehr abhängig machte von der grösseren Dichtigkeit der kalten Luft, sondern von den in der Kälte energischer vor sich gehenden Athem- und Herzbewegungen. Im übrigen beharrte auch er auf der Meinung L a v o i s i e r's, dass eine Mehraufnahme von Sauerstoff auch einen Mehrverbrauch bedinge ¹⁾. Die Mehrheit der Autoren auf dem Gebiet der tropischen Medicin sind auf diesem Standpunkt stehen geblieben, während sie, was die Ursache der angeblich vermehrten Sauerstoffaufnahme anbetrifft, sowohl die Vorstellung von L a v o i s i e r, als die von Liebig acceptirten. Einige Citate aus Arbeiten der letzten Jahre dürften hier genügen.

In seinem bekannten Buch „De geneesheer in Ned. Indie“ (der Tropenarzt) giebt v a n d e n B u r g die herrschende Anschauung, deren speculativen Charakter er freilich selbst hervorhebt, getreu wieder, indem er sagt: „Während die kalte Luft für sich schon die Athemmuskeln zu energischerer Wirkung anregt, müssen die Lungen im heissen Klima jenen wohlthätigen Reiz entbehren.

1) Vergl. Voit, Hermann's Handbuch d. Physiologie, Bd. 6, Th. 1.

Das unmittelbare Resultat der weniger tiefen Athembewegungen ist, dass das Blut weniger Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft aufnimmt, welche letztere überdies im gleichen Volum schon weniger Sauerstoff enthält, weil sie in Folge der Wärme stärker ausgedehnt ist, während Versuche ergeben haben, dass das Blut aus stark verdünnter Luft weniger Sauerstoff aufnimmt als aus dichter Luft. Herabgesetzte Sauerstoffaufnahme hat mangelhafte Arteriellisirung des Blutes zufolge; das Blut wird im Ganzen von einer mehr venösen Beschaffenheit, es ist anoxyhämisch¹⁾.

„Wahrscheinlich übernimmt die Leber zum Theil die den Lungen zukommende Funktion und verarbeitet sozusagen eine grössere Menge venösen Blutes zu den von ihr ausgeschieden werdenden Produkten“.

Bei Orgeas (*La pathologie des races humaines et le problème de la colonisation*, 1886) lesen wir: „grâce à la diminution d'amplitude de la respiration et à la diminution probable du nombre absolu des mouvements respiratoires, la quantité d'air que reçoivent les poumons en vingt-quatre heures est considérablement diminuée dans les climats torrides. De plus, cet air, ayant une température de 25°, est moins riche en oxygène que l'air des climats tempérés, qui a une température moyenne de 12°. Il y a lieu de remarquer, en outre, que dans l'air chaud, l'oxygène a une tension moindre et, par suite, une moindre affinité pour les globules du sang (expériences de P. Bert). L'air que reçoivent les poumons dans les climats torrides est donc moindre comme quantité et comme qualité. Nous disons que l'air chauffé à 25° est, à volume égal, moins riche en oxygène que l'air à la température de 12°: 1° parce que cet air, étant plus chaud, est plus dilaté; 2° parce qu'il contient une quantité plus considérable de vapeur d'eau, qui prend la place d'une certaine quantité d'oxygène.“

Auf den Einfluss der Luftfeuchtigkeit wird auch von Treille in seinem Werk: *De l'acclimatation des Européens dans les pays chauds*, Nachdruck gelegt: „Ce qui dans l'air des pays chauds diminue

1) Es muss eigenthümlich berühren, dass einst, gelegentlich einer von R. J. Mayer in Surabaya (Java) ausgeführten Venaesection, gerade die geringe Venösität des Aderblutes dessen Aufmerksamkeit erregte, eine Beobachtung, die für ihn der Ausgangspunkt war zu seiner Lehre von der Erhaltung der Kraft.

l'absorption d'oxygène, c'est la tension de la vapeur d'eau qui, entrant dans la composition de la colonne barométrique, abaisse la tension propre de l'air sec, et la rend insuffisante" (S. 49). — „Voilà la cause anémiant, la cause prohibitive d'une absorption d'oxygène adéquate aux besoins habituels de l'émigrant venu d'Europe. Joignons y l'effet nuisible de la chaleur, qui empêche l'oxygène, de se fixer avec énergie aux globules de sang" (S. 50).

Schon an anderer Stelle¹⁾ habe ich darauf hingewiesen, dass die Sauerstoffarmuth der feuchtwarmen Tropenluft schon darum von keinem besondern Einfluss sein kann auf die Sauerstoffaufnahme, weil es im kalten Klima ebensowenig die trockencalte Aussenluft, sondern die in den Athemwegen nahezu bis zu Körpertemperatur erwärmte und mit Wasserdampf gesättigte Binnenluft ist, die sich direkt an dem Gaswechsel mit dem Lungenblut theiligt.

Und auch, was das Abhängigkeitsverhältniss zwischen Sauerstoffaufnahme und Sauerstoffverbrauch anlangt, möchte ich nochmals hervorheben, dass es sich damit gerade umgekehrt verhält, als wie die oben citirten Autoren es vorstellen. Nach den neueren Ansichten in der Physiologie wird der Stoffumsatz nicht direkt von der Sauerstoffzufuhr beherrscht, sondern ist die Rolle des Sauerstoffs dabei vielmehr eine secundäre, indem derselbe nach den jedesmaligen Bedürfnissen des Organismus aufgenommen und verbraucht wird, und der Organismus über Compensationsmechanismen verfügt um, wo die Bedingungen für die Sauerstoffaufnahme ungünstige sind, dennoch den gestellten Anforderungen, bis zu einem gewissen Maasse wenigstens, genügen zu können²⁾.

Nach Obigem ist es einleuchtend, dass ein verminderter Sauerstoffverbrauch, gesetzt dass derselbe in den Tropen vorhanden

1) Virchow's Archiv Bd. 131.

2) Diese Compensationsmittel sind so mächtig, „dass auch bei grosser Athemnoth, wenn sie längere Zeit ertragen wird, nicht weniger Sauerstoff in den Körper aufgenommen wird, und rasch der Tod unter Asphyxie eintritt sobald dies nicht mehr möglich ist.“ (Voit, a. a. O.)

Neuerdings haben Gumbert und Zuntz den Sauerstoffverbrauch beim Aufenthalt in der verdünnten Bergluft sogar gesteigert gefunden. Dieses Archiv Bd. 63, S. 461.

wäre, jedenfalls nicht ohne Weiteres sich aus der Sauerstoffarmuth der Atmosphäre erklären liesse.

„Die rein meteorologischen Verhältnisse,“ — sagt Stokvis in seinem Vortrag „Ueber vergleichende Rassenpathologie“ S. 5 (X. internat. medicin. Congress) — „diejenigen also, welche in der Lufttemperatur, in der Luftfeuchtigkeit, in der Wasserdampfspannung, in den Luftströmen, in der Windrichtung, in der Besonnung u. s. w. ihren Ausdruck finden, haben, soweit sie den menschlichen Organismus beeinflussen können, nach meiner Ansicht nur die Bedeutung, dass sie Störungen der Wärmeregulirung hervorrufen können, sind also thermische Momente. Wo es sich um tropische thermische Schädlichkeiten handelt, können wir selbst den atmosphärischen Druck vernachlässigen. Im natürlichen Lauf der Dinge hat nur Erniedrigung des Luftdrucks als ätiologisches Moment Bedeutung. Und Erniedrigung des atmosphärischen Drucks in tropischen Ländern — man denke an das Hochplateau Mexicos, den in Vorder-Indien gelegenen „Hillstations“ Darjeeling und Chakatra, an unseren javanischen Sanatoria: Sindanglaja, Gadok u. s. w. — heisst Verschwinden der tropischen Temperatur. Die hochgelegenen Länder und Oerter in den Tropen sind eben keine tropischen Länder und Oerter mehr.“

Für die Untersuchung des respiratorischen Gaswechsels bedienen wir uns des Zuntz-Geppert'schen Apparats in jener Gestaltung, wie derselbe, mit den im Lauf der Zeit daran angebrachten Verbesserungen, vor Kurzem in diesem Archiv (Bd. 55) von Magnus-Levy beschrieben wurde. Was die Einrichtung des Apparats und die Versuchsanordnung anbetrifft, sei somit zunächst auf diese Beschreibung verwiesen, der wir noch Folgendes hinzuzufügen haben.

Mit dem vom Expirationsventil nach der Gasuhr führenden Rohre wurde mittelst eines kurzen, weiten Seitenrohres eine dünne geschmeidige Schweineblase in Verbindung gebracht. Auf einer festen Unterlage ruhend und bloss mit einem, um ein Scharnier drehbares Brettchen beschwert, wird die Blase bei jeder Expiration aufgetrieben, um, mit durch die schwach aspirirende Wirkung der Gasuhr, danach wiederum zusammenzufallen. Das Durchstreichen der Expirationsluft durch die Gasuhr wird in dieser Weise auf längere Zeit vertheilt, was eine nicht unbedeutende Ver-

minderung der Widerstände zufolge hat. Die auf- und niedergehende Bewegung des Brettchens bot uns zugleich die Gelegenheit, die Athembewegungen zu registriren. Die Fortbewegung des berussten Papiers liessen wir dabei nicht durch ein eigenes Räderwerk besorgen, sondern mittelst der drehenden Achse der Gasuhr selbst geschehen, sodass stets gleichen Verschiebungen des Papiers gleiche Mengen durchströmender Luft entsprachen. Dies bot den besonderen Vortheil, dass wir nur noch die Zeit zu markiren brauchten, um nachher abmessen zu können, wieviel Luft auf jeden Moment des Versuchs in der Zeiteinheit passirt war. Nur musste, weil man es hier nicht mit einem continuirlichen Luftstrom zu thun hatte, die Zeiteinheit nicht zu klein gewählt werden.

Solcherweise liess sich genau kontrolliren, ob die Versuchspersonen mehr oder weniger regelmässig geathmet hatten.

Einige Beispiele, deren Auswahl ganz dem Zufall überlassen wurde, dürften beweisen, dass die Regelmässigkeit der Athmung bei unseren Versuchen überhaupt wenig zu wünschen übrig liess.

10 L. Luft correspondirten mit $36\frac{1}{2}$ mm Abseisslänge (Verschiebung des berussten Papiers). Die Verschiebungen pro Minute sind nach diesem Maassstabe hierunter in L. Luft umgerechnet. Die so erhaltene Zahl repräsentirt somit das Athemvolum; nur dass die Volumina hier nicht auf die von trockner Luft von Normaldruck und -Temperatur reducirt sind.

Versuchs- personen		1. Min.	2. Min.	3. Min.	4. Min.	5. Min.	6. Min.	7. Min.	8. Min.	9. Min.	10. Min.	Mittel
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
1. Ns.	Resp.-Vol.	6,9	7,2	7,0	7,8	7,7	8,0	7,4	—	—	—	7,43
	Resp.-Freq.	21	22,5	22,5	23	22	23	23,5	—	—	—	22,7
2. Na.	Resp.-Vol.	8,5	8,2	8,2	7,5	8,8	8,5	7,7	7,1	—	—	8,06
	Resp.-Freq.	20	18,5	17	17	17	21,5	19	19	—	—	18,6
3. Fr.	Resp.-Vol.	5,2	5,4	4,8	4,7	5,2	5,6	6,4	5,9	5,6	6,1	5,47
	Resp.-Freq.	18	18	18	16	16,5	16	17	18	17	17	17,1
4. Fl.	Resp.-Vol.	6,2	6,3	6,6	6,6	6,6	6,1	5,8	5,9	6,3	6,1	6,25
	Resp.-Freq.	18,5	18	18,5	17,5	18	17	17	16	19	17,5	17,7
5. Nr.	Resp.-Vol.	7,9	7,8	7,5	7,2	7,2	7,1	8,5	7,5	—	—	7,59
	Resp.-Freq.	19	19,5	18	18,5	18	18,5	19	18	—	—	18,6
6. K. d. J.	Resp.-Vol.	5,8	6,2	7,1	7,0	7,0	7,2	7,4	7,7	7,4	—	7,0
	Resp.-Freq.	13	14,5	15	14	15	15	15,5	15,5	15	—	14,7

Die Abweichungen von den Mittelwerthen lassen sich, wie folgt, gruppiren:

	Resp.-Vol.	Resp.-Freq.
Abweichungen		
von 0— 5 Proc.	28	35
„ 5—10 „	18	16
„ 10—17 „	6	1
	<hr/> 52	<hr/> 52

Wie ersichtlich, gehören Abweichungen von mehr als 10 Proc. zu den Ausnahmen; meistens sind sie kleiner als 5 Proc.

Wir bemerken hierzu, dass der eigentliche Versuch, und damit die Registrirung der Athmung, stets erst angefangen wurde, nachdem die Versuchsperson schon einige Minuten durch den Apparat geathmet hatte. Denn in den ersten Minuten nach Beginn der Athmung am Apparat sind die Abweichungen vielfach bedeutender.

Im Uebrigen möchten wir nicht behaupten, dass die Athmung, so was Frequenz als Volum anbetrifft, bei derartigen Versuchen vollkommen mit der eines frei athmenden Individuums übereinstimme. Für uns, die wir speciell eine Parallele ziehen wollen zwischen dem respiratorischen Gaswechsel des Tropenbewohners und demjenigen des Bewohners kälterer Regionen, wird indess diese mögliche Fehlerquelle auf ein Minimum reducirt werden, wenn wir von den bezüglichen Untersuchungen nur diejenigen zum Vergleich heranziehen, die gleich wie die unsrigen mit dem Zuntz-Geppert'schen Apparat ausgeführt wurden. Gerade in dieser Beziehung bietet diese Zeitschrift wohl das umfangreichste Material dar und haben wir davon, sowie einer Abhandlung Geppert's im Archiv für experimentelle Pathologie, die in der umstehenden Tabelle gesammelten Daten entlehnt. Diese sind alle „Ruhe- und Nüchternwerthe“, d. h. sie beziehen sich auf Personen, die während des Versuchs nüchtern und in Ruhe waren. Auch wurden die betreffenden Versuche meistens in der kälteren und in keinem Falle in der heissen Jahreszeit angestellt. Dass unter diesen einschränkenden Bedingungen die Ausbeute an geeignetem Vergleichsmaterial noch zu wünschen übrig liess, braucht nicht Wunder zu nehmen.

Tabelle I.

Untersuchungen über den respiratorischen Gaswechsel in Europa.

Versuchs- personen	Körper- gewicht kg	Anzahl der Versuche	Respirations- volumen pro Minute ccm	Respiratorischer Gaswechsel						Untersucher
				Expirations- luft		pro Minute		Resp.- Quot. $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$		
				CO ₂ - Gehalt o/o	O- Deficit o/o	CO ₂ - Aus- scheid. ccm	O-Verbrauch ge- berechnet funden auf 64 kg ccm			
1. Kr.	59	13	5000	3,30	4,15	165,2	207,4	218,7	0,800	{ Geppert, Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmokol. 22. S. 381—383.
2. Me.	96	4	7865	3,49	4,00	274,5	314,4	258,4	0,872	
3. Li.	72	4	6658	3,57	4,54	237,5	303,4	280,1	0,783	
4. B.	60,5	5	4864	3,82	4,80	185,8	233,5	242,4	0,796	{ Loewy, Pflüger's Arch. 43, S. 524—532.
5. C.	60,5	3	4864	3,84	4,71	179,1	219,7	228,2	0,815	
6. W.	60,9	1	6779	2,62	3,60	177,6	243,3	249,5	0,730	
7. R.	48,4	2	5633	3,05	4,01	171,8	225,4	269,3	0,762	{ Katzenstein, ibid. 49, S. 347— 348.
8. S.	51,0	6	5419	2,89	3,93	156,6	213,2	248,0	0,733	
9. M.	64,6	10	6116	3,54	4,47	216,5	273,0	271,0	0,794	
10. P. Z.	65,2	3	4257	4,01	5,35	170,7	227,0	223,9	0,750	{ Magnus Levy, ibid. 55, S. 24.
11. L. Z.	60,4	2	4313	3,74	5,53	161,3	240,6	250,0	0,679	
12. L.	45,7	3	4354	—	5,42	—	236,0	294,9	—	
13. K.	67,1	10	5454	3,74	4,74	204,0	241,0	233,3	0,789	{ }
14. W.	56,5	24 ¹⁾	—	—	—	168,5	217,4	236,8	0,775	
Mittel	62		5490	3,47	4,56	189,9	242,6	250,3	0,775	

1) Von 41 Versuchen wurden diejenigen ausgewählt, die in der kühleren Jahreszeit angestellt waren.

Um den Einfluss der verschiedenen Körpergrösse der Versuchspersonen auszugleichen, geben die citirten Untersucher auch die Kohlensäureabgabe und die Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht an. *Caeteris paribus* aber ist die Grösse des Stoffwechsels entschieden nicht dem Körpergewicht, sondern vielmehr der Körperoberfläche proportional, sodass sie sich bei Personen von verschiedenem Gewicht G und g nicht verhält wie $G:g$, sondern etwa

wie $\sqrt[3]{G^2}:\sqrt[3]{g^2}$. Dementsprechend haben wir mithin die Sauerstoffaufnahme aller Versuchspersonen, sowohl jener von Tab. I, als der unsrigen, auf ein gleiches Körpergewicht (64 kg) umgerechnet.

Der CO_2 -Gehalt der eingeathmeten Luft haben wir nach dem Beispiel der Untersucher in Europa vernachlässigt; das Einathmungsventil befand sich bei unseren Versuchen in der Nähe eines geöffneten, in's Freie führenden Fensters.

Der Sauerstoffgehalt der atmosphärischen Luft wird von *Zuntz* c. s. bei ihren Versuchen auf 20,93 Proc. constant angenommen. Aus den Angaben von *Magnus-Levy* aber, der sich über diesen Punkt am ausführlichsten ausspricht, ergiebt sich, dass der mit der *Hempel'schen* Phosphorpipette ermittelte Sauerstoffgehalt zwischen 20,73 und 20,97 Proc. schwankte und im Durchschnitt 20,87 Proc. betrug. Er fügt hinzu — wobei im Dunkeln bleibt, ob sich das auf die angeführten Zahlen bezieht —, „dass bei den Controlluntersuchungen die Sauerstoffbestimmung gelegentlich grössere Abweichungen ergab, ohne dass der Grund dafür mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte“.

An unseren *Hempel'schen* Phosphorpipetten machten wir die unliebsame Beobachtung, dass sie, aus unbekannter Ursache, frisch gefüllt den Sauerstoff ganz ungenügend absorbirten, sodass sehr niedrige Zahlen, bis zu 19,8 Proc., gefunden wurden. Erst im Verlauf von zwei Wochen etwa, näherten sich die ermittelten Zahlen allmählich der Norm, fielen aber immer noch etwas niedriger aus als bei *Magnus-Levy*; sie variirten von 20,65—20,88 Proc. Weil aber eine Differenz von 0,1 Proc. in der Bestimmung des Sauerstoffgehalts der Expirationsluft schon einen Fehler von 2—3 Proc. in der Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs bedingt, so haben wir es für nöthig erachtet, uns dagegen zu verwahren, indem wir bei allen Versuchen auch Controllanalysen der atmosphärischen Luft machten. Dadurch — und wir werden darauf zurückzukommen

haben bei der Besprechung unserer Resultate — sind unsere Bestimmungen des Sauerstoffverbrauchs etwa 3 Proc. niedriger, als wenn wir denselben einen constanten Sauerstoffgehalt der Atmosphäre von 20,97 Proc. zu Grunde gelegt hätten.

Tabelle II.

Der respiratorische Gaswechsel in Indien.

	Versuchs-Personen	Körper- gewicht kg	Anzahl d. Versuche	Respirations- volumen pro Minute ccm	Resp.-Frequenz	Respiratorischer Gaswechsel						o C. Aussentemper.
						Exspirations- luft		pro Minute			Resp.- Quot. $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}}$	
						CO ₂ - Gehalt %	O- Deficit ccm	CO ₂ Aus- scheid. ccm	O-Verbrauch			
									berechnet auf 64 kg			
Eingeborne	1. O.	46,9	3	5066	8,3	3,56	4,09	179,0	206,1	254,8	0,868	27,3
	2. Nr.	59,4	4	6623	18,1	3,07	3,68	203,0	242,7	258,9	0,840	26,4
	3. Ns.	51,4	5	6082	19,0	3,18	3,71	193,2	225,3	260,8	0,858	27,0
	4. S.	51,3	4	6255	14,1	3,03	3,54	189,2	220,9	256,2	0,858	26,4
	5. En.	55,5	5	6026	14,4	3,15	3,58	190,0	215,8	236,9	0,881	26,3
	6. Mi.	49,0	4	5091	20,0	2,98	3,54	152,1	178,6	213,3	0,844	27,5
	7. Ri.	52,4	4	6251	16,1	3,13	3,86	194,9	240,2	274,5	0,812	26,4
	8. F. K.	46,0	5	6433	12,8	3,19	3,19	204,8	204,6	254,7	1,000	26,0
	9. W.	45,0	3	5521	13,8	3,52	3,98	195,0	220,2	277,9	0,887	26,2
	10. Sa.	52,2	4	5324	17,2	2,44	2,84	182,7	203,9	232,4	0,896	27,6
	11. Tg.	49,2	3	5224	14,8	3,33	3,72	179,8	193,0	229,6	0,932	27,7
	12. Na.	46,4	4	5888	18,1	3,31	3,59	195,2	216,6	268,1	0,910	27,1
	Mittel	50,4		5815	15,6	3,16	3,61	188,2	214,0	251,5	0,882	26,8
Europäer	13. Fr.	42,2	4	5320	17,7	2,92	4,28	155,4	227,3	298,7	0,681	26,9
	14. E.	75,0	3	5768	14,6	3,20	4,53	186,3	259,7	233,5	0,724	27,5
	15. K. d. J	75,2	3	5933	15,3	3,23	4,09	191,7	244,0	219,0	0,786	27,5
	16. d. H	81,7	3	6528	11,0	3,56	4,71	232,1	307,7	261,1	0,756	26,8
	17. R.	61,3	4	6137	15,8	3,11	3,72	191,1	228,0	234,7	0,838	26,5
	18. B.	85,2	4	6467	11,8	3,48	4,05	223,7	262,4	216,8	0,853	26,6
	19. Ed.	80,4	2	7014	15,7	3,12	4,33	218,3	303,9	261,1	0,718	26,2
	20. P.	72,2	4	6273	12,8	3,55	4,00	222,7	250,3	230,0	0,890	26,9
	21. N.	65,5	3	5499	8,5	3,60	4,31	197,4	236,6	232,6	0,835	26,0
	22. Fl.	53,7	4	5305	16,1	3,72	4,09	187,5	216,5	243,5	0,867	25,8
	23. V.	56,0	3	5575	16,6	3,31	4,45	184,8	247,8	271,4	0,748	26,2
	Mittel	68,0		5984	14,2	3,35	4,23	199,2	253,1	245,7	0,791	26,6

In obenstehender Tabelle sind die Endergebnisse unserer Versuche aufgeführt, die sämtlich in Batavia angestellt sind.

Untersucht wurden 12 Malayen und 11 Europäer, ohne Ausnahme männliche erwachsene Personen, meistens im Alter von 20—40 Jahren. Einen einzigen ausgenommen (Nr. 20), der erst vor einigen Wochen in Indien angekommen war, hatten die Europäer schon mehrere Jahre in den Tropen gelebt.

Die Malayen waren Anstalts- und Hausdiener, an leichtere Arbeit gewöhnt, mit meistens ziemlich gut, aber keinesfalls besonders stark entwickelter Muskulatur und mit nur mässig oder wenig entwickelter subcutaner Fettschicht.

Unter den Europäern befanden sich ein Laboratoriumdiener, ein Krankenwärter, ein Apotheker, drei Bureaubeamten und fünf Aerzte. Von ihnen war bloss einer (Nr. 16) — ein Arzt, der täglich während einiger Stunden mit Massage beschäftigt war — wirklich stark muskulös. Die übrigen verrichteten keiner von Allen anstrengende Muskelarbeit; in dieser Hinsicht standen sie, im Durchschnitt genommen, ohne Frage noch hinter unseren malayischen Versuchspersonen zurück. Im Gegensatz zu diesen hatten viele Europäer einen gut, nicht selten sogar reichlich entwickelten Panniculus adiposus.

Es ist nöthig, diesen Besonderheiten Rechnung zu tragen, weil, aus naheliegenden Gründen, muskulöse Personen auch während der Körperruhe einen energischeren Stoffwechsel aufweisen als weniger kräftig gebaute, während andererseits Fettreichthum den Stoffumsatz herabsetzt.

Weiter unten, im Anhang, finden sich die übrigen Daten betreffs unserer Versuchspersonen und der an dieselben angestellten Versuche mitgetheilt. Um sich einigermaassen eine Vorstellung machen zu können von der Körpergestalt der betreffenden Personen, wurde daselbst, ausser dem Gewicht, auch die Körperlänge sammt dem Quotient dieser beiden $\left(\frac{G}{L}\right)$ angegeben.

Was zunächst den uns aus schon erwähnten Gründen am meisten interessirenden Sauerstoffverbrauch anbelangt, so bieten die vorstehenden Tabellen nachfolgende, auf ein Körpergewicht von 64 kg berechnete Durchschnittsziffern zum Vergleich dar:

		O-Verbrauch pro Minute
Europäer in Europa (kühlere Jahreszeit)		250,3 ccm
„ „ Indien		245,7
Malayen „ „		251,5
		} 248,6 ccm.

Wir constatiren folglich eine Uebereinstimmung zwischen dem Sauerstoffverbrauch in Europa und in Indien, wie sie genauer kaum zu erwarten sein dürfte. Die sich ergebenden Differenzen gehen nicht über die in unserem Falle ziemlich engbegrenzten Bestimmungsfehler hinaus und sind deshalb als unwesentlich zu betrachten.

Die Berechnung der Bestimmungsfehler nach der Methode der kleinsten Quadrate ergibt Folgendes:

Die von uns für Europa angenommene Norm ($N_1 = 250,3$) ist mit einem Fehler behaftet, dessen wahrscheinlicher Werth ist:

$$F_1 = \pm 4,02 \text{ (1,61 Proc.)}.$$

Unsere 23 Versuchspersonen ergaben eine Durchschnittszahl ($N_2 = 248,6$), dessen wahrscheinlicher Fehler:

$$F_2 = \pm 2,50 \text{ (1,01 Proc.)}.$$

Die Bestimmung der Differenz $N_1 - N_2 = 1,7$ (oder 0,68 Proc.) ist mit einem Fehler behaftet, dessen wahrscheinlicher Werth noch etwas kleiner ist als $F_1 + F_2 = \pm 6,52$ (2,6 Proc.).

Die kleinste Durchschnittszahl für den auf 64 kg Körpergewicht berechneten Sauerstoffgebrauch weisen die europäischen Versuchspersonen in Indien auf. Freilich ist auch hier der Unterschied gegen Europa noch klein genug (1,8 Proc.), und ist demselben auch darum wohl keine Bedeutung beizumessen, weil an den Eingeborenen, bei denen sich eine Anpassungserscheinung, wie die hier in Frage kommende, naturgemäss am ehesten kundgeben müsste, keine Abweichung im gleichen Sinne, wie bei dem europäischen Tropenbewohner zu constatiren ist. Auch ist festzuhalten, dass, wie oben hervorgehoben wurde, unsere Zahlen bezüglich des Sauerstoffverbrauchs streng genommen um etwa 3 Proc. erhöht werden müssten, um völlig vergleichbar zu sein mit denen der Untersucher in Europa.

Von der anderen Seite dürfen wir nicht verschweigen, dass aus der eingangs erwähnten Arbeit von L ö w y (dieses Archiv Bd. 46) Data zu entnehmen sind, die einen höheren mittleren Sauerstoffverbrauch ergeben, als der von uns für Europa angenommene, und zwar pro Minute und auf 64 kg Körpergewicht berechnet: 282,4 ccm anstatt 250,3 ccm, eine Differenz also von nahezu 13 Proc. Wir haben jedoch die betreffenden Data nicht in die Tabelle I aufgenommen, einmal weil einige der Versuchspersonen L ö w y's — es wird nicht angegeben, welche — nicht ganz nüchtern waren, und dann auch, weil L ö w y's höherer

Mittelwerth hauptsächlich auf das Conto zweier seiner Versuchspersonen zu setzen ist, eines magern aber sehr muskulösen Tischlers (Hrm.) und eines kräftigen aber wenig fettreichen Schmieds (Ggld.), die — und das gilt auch von den meisten übrigen — offenbar einer höheren Arbeitskategorie angehören, als die unsrigen. Fettarmuth aber und Muskulosität sind, wie schon bemerkt, Körper-eigenschaften, die mit lebhafterem Stoffwechsel einhergehen. Sondern wir die beiden erwähnten Personen aus, so erhalten wir für sechs von Löwy's Versuchspersonen (Ulr., Streckm., Wnzl., Rohrsch., Hdblg. und Lhm.) einen mittleren Sauerstoffverbrauch pro Minute und 64 kg Körpergewicht von 260,5 ccm, was nur um 4 Proc. höher ist, als der von uns für Europa angenommene Mittelwerth.

Folglich werden wir durch die Untersuchung des Sauerstoffverbrauchs zu demselben Schluss geführt, als wozu wir früher durch die Untersuchung der Ernährungsverhältnisse gekommen waren, dass bei den menschlichen Tropenbewohnern keine einigermaassen in Betracht kommende chemische Wärmeregulation stattfindet.

Der Respirationsquotient ist, wenn wir die oben besprochene Correctur von +3 Proc. für den Sauerstoffverbrauch vornehmen, bei unseren europäischen Versuchspersonen $\frac{0,791}{1,03} = 0,768$, bei den Malayen $\frac{0,882}{1,03} = 0,856$. Bei den Europäern der Tabelle I ist R.-Q. = 0,775. Die höhere Ziffer der Malayen erklärt sich ungezwungen aus ihrer kohlenhydratreicheren Nahrung. Dadurch auch (vgl. S. 60) repräsentirt jedes ccm verbrauchten Sauerstoffs bei ihnen durchschnittlich eine etwas höhere Wärmeproduktion als bei den Europäern. Die relative, d. h. auf ein gleiches Körpergewicht berechnete Wärmeproduktion der Eingeborenen muss also diejenige der Europäer noch um etwas mehr übersteigen, als ihrem, übrigens sehr wenig höheren relativen Sauerstoffverbrauch entspricht. Dass in Wirklichkeit solch ein Unterschied bestehe, dass es nicht ganz vom Zufall abhängig, sondern vielleicht sogar grösser sein muss, als wir es fanden, kommt uns nicht unwahrscheinlich vor, angesichts des Umstandes, dass die malayischen Versuchspersonen meistens ziemlich muskulös waren, keiner von allen dagegen einen reichlich entwickelten Panniculus adiposus besaßen, wie viele unserer Europäer.

Anhang. Versuchsprotokolle.

Versuchspersonen	Versuchs-zeit		Resp.-Volumen ccm	Resp.-Frequenz	Respirator. Gaswechsel							Aussentemperatur
	Tag	Stunde			Exspira-tionsluft		pro Mi-nute		Resp.-Quot.			
		a. m.			CO ₂ -Gehalt	O-Deficit	CO ₂ -Prod.	O-Ver-brauch	Resp.-Quot.			
I. Eingeborener O., ca. 40 J. alt, fettarm und mässig muskulös. G. = 46,9 kg	20. 6.	8	5008	—	3,34	4,05	164,4	199,2	0,825	28		
		8,30	5199	—	3,51	4,02	182,0	209,4	0,870	28		
	6. 7.	8,30	4990	8,3	3,82	4,20	190,6	209,6	0,910	26		
	Mittel		5066	8,3	3,56	4,09	179,0	206,1	0,868	27,3		
II. 43 jähriger Euro-päer Fr., Laboratori-umdiener, klein und sehr mager. G 42,2 L = 16,2 = 2,60	30. 11.	8,30	5736	17,0	2,90	3,99	166,4	228,7	0,727	27		
		8,45	4893	17,2	2,69	4,32	131,7	211,6	0,620	27,5		
	3. 12.	8	5205	18,0	3,02	4,50	157,2	234,2	0,671	26,5		
		8,20	5448	18,5	3,05	4,31	166,2	234,8	0,708	26,5		
	Mittel		5320	17,7	2,92	4,28	155,4	227,3	0,681	26,9		
III. Eingeborener Nr., 25 Jahre alt, ziemlich muskulös, mässig fett-reich. G 59,4 L = 16,9 = 3,56	10. 7.	7,30	6130	15,8	3,19	4,30	195,6	263,6	0,742	25,5		
		8,15	6744	19,0	3,16	3,50	213,2	236,5	0,903	26		
	5. 8.	7,45	6955	19,3	2,97	3,53	206,5	245,5	0,841	26		
	15. 10.	8	6665	18,4	2,95	3,38	196,6	225,3	0,873	28		
	Mittel		6623	18,1	3,07	3,68	203,0	242,7	0,840	26,4		
IV. Europäer E., Arzt (Laboratoriumar-beit.), 37 Jahre alt, mäs-sig fettreich u. muskulös. G 75,0 L = 18,5 = 4,05	2. 1.	9	5391	14,9	3,15	4,73	169,8	255,0	0,666	27		
	3. 1.	9	5469	14,5	3,38	4,79	184,8	261,9	0,706	27,5		
		9,20	6445	14,4	3,17	4,07	204,3	262,3	0,779	28		
	Mittel		5768	14,6	3,20	4,53	186,3	259,7	0,724	27,5		
V. K.d.J., Europäer, Arzt(Bureauarbeit.), 34 J. alt, fettreich und ziem-lich muskulös. G 75,2 L = 16,4 = 4,59	23. 6.	8,45	6220	16,4	3,35	3,97	208,4	246,9	0,844	28		
		9,45	5901	14,8	3,14	4,00	185,0	236,0	0,785	28,5		
	22. 12.	8,30	5677	15,1	3,20	4,39	181,6	249,2	0,729	26		
	Mittel		5933	15,3	3,23	4,09	191,7	244,0	0,786	27,5		

Versuchspersonen	Versuchs-zeit		Resp.-Volumen ccm	Resp.-Frequenz	Respirator. Gaswechsel						Aussentemperatur
	Tag	Stunde a. m.			Exspira- tionsluft CO ₂ - Gehalt	O-Deficit	pro Mi- nute CO ₂ - Prod.	O-Ver- branch	Resp.-Quot.		
VI. 34 jähriger Euro- päer d. H., Arzt (Mas- seur), muskulös und ziemlich fettreich. G 81,7 L = 17,6 = 4,64	25. 6.	9	6476	—	3,42	4,48	221,4	290,1	0,764	26,5	
	17. 7.	9,15	6790	10,5	3,60	4,90	244,4	332,7	0,735	27	
	8. 8.	9	6320	11,5	3,65	4,75	230,6	300,2	0,768	27	
	Mittel		6528	11	3,56	4,71	232,1	307,7	0,756	26,8	
VII. Europäer R., Arzt (Laboratoriumsar- beit.), 29 Jahre alt, ziem- lich fettreich u. muskulös. G 61,3 L = 16,5 = 3,72	26. 6.	7,30	5607	13,2	3,03	3,68	169,9	206,3	0,823	27	
		8,30	6199	15,2	3,03	3,77	187,7	233,3	0,804	27	
	13. 7.	7,45	6386	17,5	3,18	3,67	203,1	234,4	0,867	26	
		8,15	6358	17,3	3,20	3,74	203,5	237,8	0,856	26	
	Mittel		6137	15,8	3,11	3,72	191,1	228,0	0,838	26,5	
VIII. 31 jähriger Eu- ropäer, B., Apotheker, ziemlich fettreich und muskulös. G 85,2 L = 18,4 = 4,63	11. 7.	7	5867	11,0	3,87	4,46	227,0	261,6	0,865	26,5	
	17. 7.	7,30	7155	13,0	3,14	3,96	224,7	288,3	0,793	26	
	12. 12.	7	6312	10,4	3,54	3,93	222,8	248,0	0,901	27	
		7,15	6535	12,6	3,37	3,93	220,2	256,8	0,858	27	
	Mittel		6467	11,8	3,48	4,05	223,7	262,4	0,853	26,6	
IX. Eingeborener Ns., ungefähr 25 Jahre alt, mässig fettreich, ziem- lich muskulös. G 51,4 L = 15,9 = 3,23	12. 7.	8,15	6250	21,7	2,70	3,14	168,8	196,3	0,860	26	
	19. 10.	7,30	6142	20,6	3,36	3,78	206,3	232,1	0,889	28	
		8	6323	20,1	3,38	3,65	213,7	232,7	0,918	28	
	13. 12.	8	6082	17,8	3,20	3,83	194,6	232,9	0,836	26,5	
		8,15	5612	14,7	3,25	4,14	182,4	232,4	0,785	26,5	
	Mittel		6082	19,0	3,18	3,71	193,2	225,3	0,858	27	
X. Eingeborener S., ± 35 J. alt, fettarm und muskulös. G 51,3 L = 16,7 = 3,07	15. 7.	7,45	6236	—	3,32	3,93	207,0	245,1	0,845	26	
		8,30	5949	13,7	3,41	3,93	202,8	234,3	0,868	26	
	6. 8.	7,45	6418	15,9	2,79	3,30	179,0	211,8	0,845	26,5	
	12. 12.	7,30	6416	16,9	2,62	3,00	168,1	192,5	0,873	27	
	Mittel		6255	14,1	3,03	3,54	189,2	220,9	0,858	26,4	

Versuchspersonen	Versuchs-zeit		Resp.-Volumen ccm	Resp.-Frequenz	Respirator. Gaswechsel						Aussentemperatur
	Tag	Stunde			Exspira-tionsluft		pro Mi-nute		Resp.-Quot.		
		a. m.			CO ₂ -Gehalt	O-Deficit	CO ₂ -Prod.	O-Ver-branch			
XI. Bejahrter Malaye, En., mässig fettreich und muskulös. G 55,5 L = 16,5 = 3,36	16. 7.	7,45	6650	14,3	3,32	3,71	220,8	246,7	0,895	26	
		8,30	6659	15,5	3,21	3,60	213,7	239,7	0,892	26,5	
	29. 10.	8	5570	14,2	2,84	3,48	158,1	193,8	0,816	26	
		8,15	5591	14,4	2,82	3,33	156,5	186,1	0,847	26	
	16. 12.	8	5659	13,8	3,55	3,76	200,9	212,8	0,944	27	
	Mittel		6026	14,4	3,15	3,58	190,0	215,8	0,881	26,3	
XII. Mi., 25 jähriger Malaye, mit gut entwickelter Muskulatur, wenig fettreich. G 49,0 L = 15,6 = 3,14	18. 10.	7,30	4260	20,4	2,80	3,64	119,3	155,1	0,770	28	
		8	4227	15,2	3,09	3,83	130,6	162,0	0,807	28	
	13. 12.	7,30	5796	22,7	2,90	3,34	167,1	193,5	0,868	27	
		8	6082	21,6	3,15	3,35	191,6	203,7	0,940	27	
	Mittel		5091	20,0	2,98	3,54	152,1	178,6	0,844	27,5	
XIII. Ri., etwa 30 jähriger Malaye, mässig fettreich u. muskulös. G 52,4 L = 16,6 = 3,16	18. 7.	7,45	5678	12,8	3,43	4,34	194,7	246,4	0,791	26,5	
		8,15	5987	15,1	3,09	3,86	185,0	231,1	0,801	27	
	30. 7.	7,15	6543	17,7	3,05	3,65	199,5	238,8	0,836	26	
		7,30	6793	18,7	2,95	3,60	200,4	244,6	0,820	26	
	Mittel		6251	16,1	3,13	3,86	194,9	240,2	0,812	26,4	
XIV. Eingeborener T. K., ca. 30 J. alt, fettarm, mässig muskulös. G 46,0 L = 15,8 = 2,91	19. 7.	7,30	6010	13,2	3,21	3,61	192,9	217,0	0,881	26	
	31. 7.	7,30	6845	15,1	3,16	3,13	216,3	214,2	1,010	26	
		7,45	6747	—	2,94	2,81	198,3	190,9	1,035	26	
	17. 12.	7,15	6894	12,4	3,29	3,08	226,8	212,3	1,068	26	
		7,30	5671	10,5	3,35	3,33	189,9	188,8	1,006	26	
	Mittel		6433	12,8	3,19	3,19	204,8	204,6	1,000	26	
XV. 35 jähr. Europäer Ed., Bureaubeamt., wohlgenährtes, ziemlich kräftiges Individuum. G 80,4 L = 17,9 = 4,49	24. 7.	7,30	6928	13,7	3,28	4,52	227,2	313,1	0,726	26,5	
	8. 8.	7,30	7101	17,7	2,95	4,15	209,5	294,7	0,711	26	
	Mittel		7014	15,7	3,12	4,33	218,3	303,9	0,718	26,2	
XVI. W., 30 jähr. Malaye, von gracilem Körperbau. G 45,0 L = 16,2 = 2,78	1. 8.	8	5386	14,9	3,29	3,64	175,5	194,2	0,904	26	
	16. 12.	7	5826	13,4	3,65	3,98	212,6	231,8	0,917	26	
		7,30	5441	13,0	3,62	4,32	196,9	234,5	0,840	26,5	
	Mittel		5521	13,8	3,52	3,98	195,0	220,2	0,887	26,2	

Versuchspersonen	Versuchs-zeit		Resp.-Volumen ccm	Resp.-Frequenz	Respirator. Gaswechsel						Aussentemperatur
	Tag	Stunde a. m.			Exspira- tionsluft CO ₂ - Gehalt	O-Deficit	CO ₂ - Prod.	pro Mi- nute O-Ver- brauch	Resp.-Quot.		
XVII. Sa., Malaye, et- wa 25 Jahre alt, wenig fettreich, mässig ent- wickelte Muskulatur. G 52,2 L = 16,3 = 3,20	12. 10.	8	5510	16,8	2,97	3,31	163,6	182,4	0,897	28	
	16. 10.	8,15	5140	16,4	3,47	3,80	178,4	195,3	0,913	28,5	
	22. 10.	7,30	5345	18,1	3,61	4,05	192,9	216,4	0,891	27	
		7,45	5300	17,3	3,70	4,18	196,1	221,5	0,885	27	
	Mittel		5324	17,2	2,44	2,84	182,7	203,9	0,896	27,6	
XVIII. Eingeborener Tg., 25 J. alt, mittel- kräftig und -fettreich. G 49,2 L = 15,5 = 3,18	16. 10.	7,30	5536	14,4	3,37	3,47	186,6	192,1	0,971	28	
		7,45	5565	16,0	3,39	3,60	188,7	200,3	0,942	28,5	
	11. 12.	7,30	4572	14,0	3,56	4,08	164,1	186,5	0,880	26,5	
	Mittel		5224	14,8	3,33	3,72	179,8	193,0	0,932	27,7	
	XIX. 20 jähriger Ma- laye Na. Panniculus adi- posus und Muskulatur mässig entwickelt. G 4,64 L = 1,62 = 2,87	9. 12.	8	5118	18,7	3,12	3,54	159,7	181,1	0,822	27,5
		8,15	5409	17,9	3,30	3,62	178,4	196,3	0,912	28,0	
14. 12.		7,15	6390	18,1	3,40	3,56	217,3	227,5	0,955	26,5	
		7,30	6636	17,7	3,43	3,64	227,6	241,5	0,942	26,5	
Mittel		5888	18,1	3,31	3,59	195,2	216,6	0,910	27,1		
XX. 22 jähriger Euro- päer P., Bureaubeamt., mittelkräftig und -fett- reich. G 72,2 L = 18,3 = 3,93	10. 12.	7,15	5852	12,5	3,75	4,41	219,5	258,1	0,850	27	
		7,30	5732	13,8	3,69	4,23	211,5	242,5	0,873	27,5	
	13. 12.	7,15	6803	12,9	3,38	3,67	229,8	249,6	0,921	26,5	
		7,30	6825	12,1	3,37	3,68	230,0	251,1	0,916	26,5	
	Mittel		6273	12,8	3,55	4,00	222,7	250,3	0,890	26,9	
XXI. N., 30 jähriger Europäer, Arzt (Labora- toriumarbeit), fettarm und wenig muskulös. G 72,2 L = 18,3 = 3,93	11. 12.	7	5248	9,2	3,87	4,60	203,0	241,4	0,841	26,5	
	17. 12.	7	5681	8,4	3,52	4,13	199,9	234,6	0,852	26	
	23. 12.	7	5567	8,0	3,40	4,20	189,3	233,8	0,811	25,5	
	Mittel		5499	8,5	3,60	4,31	197,4	236,6	0,835	26	

Versuchspersonen	Versuchs-zeit		Resp.-Volumen ccm	Resp.-Frequenz	Respirator. Gaswechsel						Aussentemperatur
	Tag	Stunde			Exspira-tionsluft		pro Mi-nute		Resp.-Quot.		
					CO ₂ -Gehalt	O-Deficit	CO ₂ -Prod.	O-Ver-brauch			
XXII. 40 jähriger Eu-ropäer Fl., Krankenwär-ter, klein und mager. G 53,7 L = 16,6 = 3,23	27. 12.	7	5500	17,2	3,26	3,95	179,3	267,3	0,825	25,5	
		7,15	5326	17,4	3,34	4,15	177,9	221,0	0,805	25,5	
	3. 1.	7	5410	15,0	3,67	3,87	198,5	209,4	0,948	26	
		7,15	4984	13,8	3,90	4,38	194,4	218,3	0,890	26	
	Mittel			5305	16,1	3,72	4,09	187,5	216,5	0,867	25,8
XXIII. V., Europäer, 29 J. alt, Bureaubeamt., mittelkräftig und fett-arm. G 56,0 L = 16,4 = 3,42	6. 1.	7½	5339	16,6	3,24	4,87	173,0	260,0	0,666	26,5	
	19. 1.	8	5691	—	3,21	4,05	182,7	230,5	0,793	26	
		8½	5694	—	3,49	4,44	198,8	252,8	0,786	26	
	Mittel			5575	16,6	3,31	4,45	184,8	247,8	0,748	26,2