

Ueber die Tagesschwankungen des Stoffwechsels und der Körpertemperatur in nüchternem Zustande und vollständiger Muskelruhe.¹

Von

Dr. J. E. Johansson.

(Aus dem physiologischen Laboratorium des Carolinischen medico-chirurgischen
Instituts in Stockholm.)

I.

Wie aus den Untersuchungen von Jürgensen,² Jäger³ u. a. hervorgeht, treten die gewöhnlichen Tagesschwankungen der Körpertemperatur auch bei Personen hervor, welche hungern und während des ganzen Tages im Bette verbleiben. Auch bei Fieberkranken bestehen die typischen Tagesschwankungen fort (Liebermeister). Diese Thatsachen haben, wie Liebermeister⁴ sagt, es allmählich dahin gebracht, dass die Unmöglichkeit, die Tagesschwankungen aus den bekannten Einflüssen zu erklären, fast allgemein als feststehender Lehrsatz gilt. Betreffs der Tagesschwankungen der Körpertemperatur sagt Richet:⁵ „C'est en quelque sorte, une oscillation régulière qui dépend d'autre chose, paraît-il, que de l'exercice, d'autre chose que de l'alimentation, d'autre chose encore que de la temperature extérieure . . . Il me paraît vraisemblable que cette oscillation quotidienne dépend principalement de l'activité du système nerveux . . . C'est le système nerveux qui détermine la temperature normale: 37° le matin, 37·5° à

¹ Der Redaction zugegangen am 21. Januar 1898.

² *Die Körperwärme des gesunden Menschen.* Leipzig 1873.

³ *Deutsch. Arch. f. klin. Med.* Bd. XXIX, S. 516 (1881).

⁴ *Handbuch der Pathologie und Therapie des Fiebers.* Leipzig 1875.

⁵ *La chaleur animale.* Paris 1889.

cinq heures du soir, 36°, pendant la nuit. Ce rythme est presque indépendant des contractions musculaires; il dépend de la régulation par le système nerveux, qui règle les échanges, productions et pertes de chaleur.“

Den Gang der Körpertemperatur am Durchschnittstage könnte man nach der Auffassung Liebermeister's¹ als durch die Zufuhr von Nahrung und den gewöhnlichen Wechsel von Thätigkeit und Ruhe bedingt erklären. Es liegt nun nahe, anzunehmen, meint Liebermeister, dass in Bezug auf das Verhältniss der Wärmeproduction zum Wärmeverlust neben den augenblicklich wirkenden Einflüssen auch noch die Gewöhnung betheiligt ist, und dass dieselbe in einer freilich nicht näher anzugebenden Weise eine Periodicität hergestellt habe, die dann im einzelnen Falle eine gewisse Unabhängigkeit von den ursprünglichen Ursachen zeigt.

Liebermeister führt auch die Möglichkeit an, dass eine Uebertragung der durch Jahrtausende erlangten Gewöhnung auf die Nachkommen stattfindet.

Wenn der Gang der Körpertemperatur durch die Abwechslung von Thätigkeit und Ruhe bedingt wird, so muss eine Umkehr der gewöhnlichen Lebensweise einen umgekehrten Typus der Temperaturcurve bewirken. Die von Jäger ausgeführten Untersuchungen an Militärbäckern legen mit erwünschter Deutlichkeit die Abhängigkeit der Körpertemperatur von dem Thätigkeitszustande auch bei Arbeit und Ruhe zu ungewöhnlichen Tageszeiten dar. Jäger ist doch der Meinung, dass in diesen Fällen eine Uebercompensation in Folge der gesteigerten Muskelarbeit stattgefunden hat, und dass also der Kernpunkt der Sache — die Möglichkeit, der Temperaturcurve einen umgekehrten Typus zu geben — nicht erschöpft ist. Jäger hat auch eine von den erwähnten Versuchspersonen, welche seit mehreren Jahren das Bäckerhandwerk betrieben hatte und also an die Nachtarbeit gewöhnt war, einer 24 stündigen Beobachtung bei vollkommener Körperruhe im Bette unterworfen. Die Temperaturcurve des Mannes hatte unter diesen Verhältnissen durchaus den gewöhnlichen Verlauf. Das Ergebniss dieses Versuches spricht entschieden gegen den Einfluss der Gewöhnung.

Mosso² hat an sich selbst einen viertägigen Versuch ausgeführt, bei welchem er von 11 Uhr Vorm. bis 6 Uhr Nachm. schlief und die ganze Nacht sich wach hielt. Es gelang ihm nicht, in dieser Weise

¹ A. a. O. S. 89.

² *Arch. ital. de Biol.* Bd. VIII, S. 178 (1887).

eine Temperaturcurve von wirklich umgekehrtem Typus zu erhalten. Die Ergebnisse des Versuches lassen sich nach seiner Meinung vielmehr in der Weise deuten, dass durch die veränderte Lebensweise ein neuer Factor eingeführt worden ist, dessen Wirkung sich der fundamentalen Temperaturcurve hinzugesellt hat. Betreffs dieser fundamentalen Temperaturcurve — *courbe fondamentale de variations automatiques de la temperature de l'organisme* — äussert sich Mosso: „on devrait admettre qu'il y a une tendance autonome des phénomènes chimiques de l'organisme à être plus actifs dans le jour et moins actifs pendant la nuit . . . , il s'agit d'établir si les oscillations de la temperature s'accomplissent dans notre organisme sans aucun rapport avec le milieu ambiant et les causes internes.“

Dass in der That sowohl bei Hunger wie bei gewöhnlicher Zufuhr von Nahrung der Stoffwechsel in den verschiedenen Tagesstunden Schwankungen darbietet, welche mit den von Jürgensen unter entsprechenden Verhältnissen gefundenen Temperaturcurven übereinstimmen, wurde durch die Untersuchungen von Tigerstedt und Sondén¹ dargelegt. Es fragt sich nun, ob jene Schwankungen einen von äusseren Einflüssen unabhängigen Grundtypus für die Intensitätsschwankungen der chemischen Vorgänge im Organismus wiedergeben. Bei den Versuchen von Tigerstedt und Sondén fanden die gewöhnlichen Schwankungen des Thätigkeitszustandes statt. Die Versuchspersonen schliefen während der Nacht und verhielten sich während des Tages so, wie sich ein Mensch in der Regel verhält, wenn er keine körperliche Arbeit auszuführen hat. Bei den betreffenden Versuchen von Jürgensen lag die Versuchsperson die ganze Zeit im Bett. Er kann aber nicht 24 Stunden hindurch völlig unbeweglich gelegen haben. Es muss Muskelthätigkeit stattgefunden haben, und aller Wahrscheinlichkeit nach ist diese während der Tagesstunden von grösserer Intensität gewesen, als in der Nacht. Man darf also nicht ohne weiteres den Muskelbewegungen jeden Antheil an den Schwankungen der entsprechenden Temperaturcurve absprechen. Bei einer früheren Versuchsreihe² machte ich die Beobachtung, dass Muskelbewegungen sogar unerlässlich sind, um die Körpertemperatur nach einer durch Abkühlung hergestellten Erniedrigung auf den gewöhnlichen Stand zurückzubringen. Jene Versuche fanden in den Vormittagsstunden statt, während welcher die Körpertemperatur gewöhnlich mehr oder weniger rasch steigt. So lange aber die Versuchsperson unter Ver-

¹ *Dieses Archiv.* Bd. VI, S. 163 (1895).

² *Dieses Archiv.* Bd. VII, S. 123.

meidung jeder Bewegung im Bette verblieb, welches auf 28 bis 30° erwärmt war, beharrte die Temperatur im Rectum auf demselben niedrigen Stande, wie beim Schluss der vorhergehenden Abkühlungsperiode. Nach dem Aufstehen und Wiedereintreten der gewöhnlichen Muskelbewegungen fängt die Körpertemperatur sofort an zu steigen. Wenn man also diejenigen Schwankungen des Stoffwechsels und der Körpertemperatur kennen lernen will, welche ausschliesslich mit den verschiedenen Tagesstunden im Zusammenhang stehen, muss man die Versuchspersonen nicht nur in gewöhnlicher Bettruhe, sondern bei möglichst vollständiger Muskelruhe beobachten. Betreffs der Körpertemperatur liegen meines Wissens keine solchen Untersuchungen vor. Ueber das Verhalten des Stoffwechsels hat Magnus-Levy¹ einige Versuche mitgetheilt. Er hat hauptsächlich den Gaswechsel während des Tages untersucht. Bei einem Versuche wurden einige Beobachtungen auch während der Nacht angestellt. Die Dauer der Beobachtungsperioden betrug 17 bis 35 Minuten mit wechselnden Zwischenzeiten bis zwei Stunden. Die Versuchsperson lag während der Beobachtungsperioden bei vollständiger Muskelentspannung auf einem Sopha und athmete durch eine Maske. Aus diesen Versuchen ging hervor, dass bei Ausschliessung der Muskelbewegungen die Schwankungen des Gaswechsels zu den verschiedenen Tageszeiten nicht gross sein können. E. Smith² hat auch die CO₂-Abgabe in den verschiedenen Tageszeiten gemessen. Seine Bestimmungen der CO₂-Abgabe während der Nacht sind wenige und weichen von den am Tage erhaltenen Werthen erheblich ab.

Um die Grösse und den etwaigen Typus der Tagesschwankungen der Körpertemperatur und des Stoffwechsels kennen zu lernen, schien es mir, dass mehr umfassende und eingehende Untersuchungen nöthig seien, und zwar wäre es ein Vortheil, wenn man gleichzeitig die Temperatur und den Stoffwechsel beobachten könnte. Aus den Ergebnissen solcher Untersuchungen wäre zu ersehen, ob die Schwankungen des Stoffwechsels hinreichend sind, um den Gang der Körpertemperatur zu erklären. Man könnte auch in dieser Weise den Grenzwert herleiten, um welchen der Stoffwechsel bei möglichst vollständiger Ausschliessung äusserer Einwirkungen schwankt. Für die Anordnung weiterer Untersuchungen über den Stoffwechsel unter Einwirkung verschiedener Factoren, besonders Muskelarbeit in variirenden Formen, wäre es auch wünschenswerth, diejenigen Schwankungen zuerst zu kennen, welche

¹ *Arch. f. die ges. Physiologie.* Bd. LV, S. 1 (1893).

² *Phil. Trans.* Bd. CIX, 2, S. 688 (1859).

schon ohne das experimentelle Einführen jener Factoren stattfinden. Von diesen Gesichtspunkten ausgehend habe ich einige Versuche ausgeführt. Da es für die Versuchsperson unmöglich ist, die erforderliche Muskelruhe 24 Stunden hindurch zu beobachten, habe ich die einzelnen Versuchsperioden, welche den verschiedenen Stunden des Tages entsprechen, auf mehrere Tage vertheilt. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche werden dadurch so weit als möglich mit einander vergleichbar, dass alle Versuche 12 Stunden nach der letzten Mahlzeit vorgenommen wurden, und dass die Versuchsperson — ich selbst — immer suchte, die grösstmögliche Muskelruhe zu beobachten und sich wach zu halten.

Die hier mitzutheilenden Versuche sind:

1. Eine Reihe, October bis November 1896; 12 Versuche, den verschiedenen zweistündigen Perioden des Tages entsprechend; vollständige Muskelruhe in sitzender Stellung.

2. Zwei Reihen, April bis Mai, October bis November 1897; sechsstündige Versuche, entsprechend den verschiedenen Tageszeiten; vollständige Muskelruhe und gewöhnliche Bettruhe abwechselnd.

Gruppe A: 12^h Nachts bis 6^h Morgens

Gruppe B: 6^h Morgens bis 12^h Mittags

Gruppe C: 12^h Mittags bis 6^h Nachmittags

Gruppe D: 6^h Nachm. bis 12^h Nachts.

3. Eine Reihe, September 1897, Stoffwechsel im Schlafe.

4. Ein Versuch, 4. bis 5. April 1897, mit einer Dauer von 33 Stunden, angeordnet, um zu untersuchen, ob diejenigen Muskelbewegungen, welche während der gewöhnlichen Bettruhe stattfinden, einen merkbaren Einfluss auf die Körpertemperatur ausüben können.

5. Zwei Ruheversuche, welche ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Professors Zuntz verdanke.

II.

Die Versuche sind mit dem von Professor Tigerstedt und Ingenieur Sondén gebauten Respirationsapparate im hiesigen physiologischen Laboratorium ausgeführt worden. Für die Berechnung der in einer Versuchsperiode entwickelten CO₂-Menge wurde dieselbe Formel wie bei meinen vorigen Versuchen benutzt:¹

$$\text{CO}_2^g = 1.966 \cdot \frac{1}{1 + \alpha t} \cdot \frac{B - p}{760} \left[A (\beta_2 - \beta_1) + V \cdot \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} - 0.32 \right].$$

¹ Dieses Archiv. Bd. VII, S. 140.

Es wurde schon von Tigerstedt und Sondén bei ihrer Beschreibung des Respirationsapparates¹ hervorgehoben, dass man eine complicirtere Ventilationsformel nicht braucht, wenn das Verhältniss $\frac{V}{A}$ nicht grösser als 0.1 ist. Ich habe mich auch davon überzeugt, dass, wenn man bei einer Ventilationsgeschwindigkeit von 7 cbm in einer Stunde die ausventilirte CO₂-Menge für eine zweistündige oder für zwei einstündige Perioden berechnet, die Resultate nicht um 0.1 % CO₂ differiren.

Wie Tigerstedt und Sondén habe ich die während einer Versuchsperiode in die Kammer einströmende Luftmenge der in derselben Zeit ausgesaugten gleichgross angenommen. Der hierbei entstehende Fehler beträgt bei 10 cbm Ventilationsmenge höchstens 0.07 % CO₂, entsprechend 10 mm Hg Feuchtigkeitsdifferenz in der Kammer- und Aussenluft und 1 mm Hg Steigerung des Dampfdruckes während der Versuchsperiode, — Differenzen, welche grösser sind, als die bei meinen Versuchen beobachteten.

Ich theile in Tab. I S. 91 eine Uebersicht über den Einfluss von etwaigen Observationsfehlern mit. Bezeichnet man mit μ, ν die Fehler bei der Bestimmung des Luftcubus der Respirationskammer $[A]$ und der aus der Kammer während einer Versuchsperiode ausgesaugten Luftmenge $[V]$ und mit ξ die Summe der Fehler bei der Bestimmung des CO₂-Gehaltes in der Kammer am Anfang und Ende einer Versuchsperiode $[\beta_1, \beta_2]$, erhält man nach der oben angeführten Formel als Ausdruck für den Fehler der berechneten CO₂-Menge:

$$\pm \left[(200 + V)\xi + 2 \left(\frac{\beta_1 + \beta_2}{2} - 0.3 \right) \nu + 2 (\beta_1 - \beta_2) \mu \right].$$

Der Luftcubus $[A]$ der Respirationskammer wird von dem Volumen der Versuchsperson und der verschiedenen Geräte in der Kammer beeinflusst. Bei meinen Versuchen beträgt die CO₂-Entwicklung 20 bis 30 % in einer Versuchsperiode und unter diesen Verhältnissen können Schwankungen von 0.5 cbm in dem Werthe des Luftcubus vorkommen, ohne grössere Fehler als 0.1 g bei der Berechnung der CO₂-Menge herbeizuführen. Als Werthe des Luftcubus habe ich bei den Controlversuchen 100.3 cbm und bei den eigentlichen Versuchen 100.2 cbm angenommen. Nach den von Tigerstedt und Sondén ausgeführten Messungen beträgt das Volumen der Respirationskammer 100.65 cbm, wenn nur die feste Einrichtung mitgezählt wird.

¹ *Dieses Archiv.* Bd. VI, S. 1.

Tabelle I.

Analysen-Fehler ξ	Der grösste mögliche Fehler der in einer Versuchsperiode gefundenen CO ₂ -Menge		
	$V = 10$ cbm	$V = 20$ cbm	
0.001 pro Mille	g 0.21	g 0.22	
0.005 „ „	1.05	1.10	
0.010 „ „	2.10	2.20	
Fehler bei der Bestimmung der Ventilationsmenge ν	Der mittlere CO ₂ -Gehalt		
	1.0 pro Mille	1.5 pro Mille	2.0 pro Mille
0.05 cbm	g 0.07	g 0.12	g 0.17
0.10 cbm	0.14	0.24	0.34
Fehler bei der Bestimmung des Luftcubus μ	Die CO ₂ -Entwicklung in einer Versuchsperiode		
	20 °	30 °	50 °
0.1 cbm	g 0.02	g 0.03	g 0.05
0.5 cbm	0.10	0.15	0.25
Fehler bei der Barometerablesung oder der Bestimmung der mittleren Temperatur in der Respirationskammer			
	2.5 mm } 1.0° }	g 0.07	g 0.10

Durch etwaige Ungleichmässigkeiten im Gange der Gasuhr und Fehler bei den Ablesungen derselben können Fehler bei der Berechnung der aus der Respirationskammer ausgesaugten Luftmenge [V] entstehen. Einen Aufschluss betreffs dieser Fehlerquelle liefert die mittlere Abweichung, welche die Angaben der Gasuhr während aufeinander folgenden Versuchsperioden derselben Dauer darbieten. Ich habe zwei solche Berechnungen ausgeführt, für die Versuche während April-Mai und die während October-November. In der ersten Versuchsreihe beträgt die mittlere Abweichung 0.085^{cbm} und in der letzteren 0.078^{cbm}. Zum grössten Theil sind doch diese Abweichungen durch Ungleichmässigkeiten im Gange des Pumpwerkes begründet und

sind also nicht als Versuchsfehler zu bezeichnen. Jedenfalls sind jene Schwankungen zu gering, um grössere Fehler als 0.2% CO_2 herbeizuführen, wie dies aus Tabelle I hervorgeht.¹ Die Correctionen für Temperatur- und Feuchtigkeitsdifferenz in der Gasuhr und der Respirationsskammer betragen höchstens 2 Procent von dem von der Gasuhr angegebenen Luftvolumen, also höchstens 0.15 cbm bei meinen Versuchen. Die von Observationsfehlern bei den Thermometerablesungen herrührenden Fehler bei jenen Correctionen brauchen also gar nicht in Betracht zu kommen. Die bei der Reduction des CO_2 -Volumens auf 0° und 760 mm möglicherweise entstehenden Fehler sind sehr gering. So grosse Fehler wie 2.5 mm und 1° bei der Ablesung des Barometers und der Distanzthermometer sind gewiss nie vorgekommen.

Die bei weitem wichtigsten Fehler sind die, welche bei der Bestimmung des CO_2 -Gehaltes in der Respirationsskammer am Anfang und Ende einer Versuchsperiode entstehen. Diese Fehler sind theils Analysenfehler, theils können dieselben davon herrühren, dass die Probeentnahme nicht im richtigen Momente stattfindet oder davon, dass die entnommene Luftprobe in Folge mangelhafter Mischung nicht dem wirklichen mittleren CO_2 -Gehalte in der Respirationsskammer entspricht. Der Fehler bei der Probeentnahme mit den im voraus evacuirten Pipetten braucht nicht grösser als $\frac{1}{2}$ Minute zu sein, was bei einer Entwicklung von 30% CO_2 in 1 Stunde einem Fehler von 0.001 pro Mille bei der Bestimmung von β_1 oder β_2 entspricht und also einen Fehler von 0.4% CO_2 herbeiführt. Beträgt die CO_2 -Entwicklung nur 20% in 1 Stunde, so erreicht jener Fehler nur 0.3% CO_2 .

Wie vollständig die Luft in der Respirationsskammer gemischt wird, ist noch nicht direct untersucht worden. Die Ergebnisse der von Tigerstedt, Sondén und mir selbst angestellten Controlversuche geben doch eine Vorstellung betreffs dieser Frage, zu welcher ich so gleich zurückkommen werde.

Wenn man grössere Fehler als 1% CO_2 umgehen will, so darf, wie aus der Tabelle I hervorgeht, die Summe der Analysenfehler am Anfang und Ende einer Versuchsperiode 0.005 pro Mille nicht übersteigen. Mit dem bei den vorigen Versuchen angewendeten Analysenapparate war eine solche Genauigkeit sehr schwer zu erreichen, da man mit demselben nicht schärfer einstellen kann als bis 0.004 pro Mille und dabei sogar auf ein Zehntel eines Scalentheiles schätzen muss. Ich habe daher einen neuen Apparat anfertigen lassen, mit

¹ Der CO_2 -Gehalt in der Respirationsskammer übersteigt bei meinen Versuchen nicht 1.5 pro Mille.

welchem man ohne Schätzung bis auf 0·001 pro Mille bequem einstellen kann. Der Rauminhalt der Pipetten beträgt 110^{cbm}, also etwa 50^{cbm} mehr als bei dem vorigen Apparate. Die Scalentheile der Compensatorpipette entsprechen 0·001 pro Mille und diejenigen der anderen Pipette 0·01 pro Mille. Ich habe diese Volumenbestimmungen durch Auswägung mit Quecksilber selbst ausgeführt. Zur Prüfung des Apparates wurde eine Reihe von 30 Analysen ausgeführt, alle von derselben Luft — atmosphärischer Luft —, mit welcher die zehn für die Probenentnahme bestimmten Pipetten gleichzeitig gefüllt worden waren. Die Analysen gaben pro Mille berechnet als Mittel 0·3179 mit einem mittleren Fehler von 0·00632. Der wahrscheinliche Fehler jeder einzelnen Bestimmung beträgt 0·00425. Nach den Angaben von Tigerstedt und Sondén beträgt der wahrscheinliche Fehler mit dem von ihnen angewendeten Apparate 0·0063. Mit dem neuen Apparate erreicht man also eine 1½ mal so grosse Präcision wie mit dem vorigen. Bei dieser Berechnung sind alle Analysen mitgezählt worden, auch solche, welche offenbar fehlerhaft waren. Die ersten zwei Analysen einer Reihe — der Apparat ist also einige Zeit vorher nicht im Betrieb gewesen — haben sich meistens etwas zu hoch erwiesen. Man trifft übrigens in jeder Analysenreihe einige Werthe, welche von den übrigen in erheblichem Grade abweichen. Wiewohl man nicht immer die Fehlerquelle angeben kann, halte ich es doch für berechtigt, die fraglichen Werthe als fehlerhafte bei der Berechnung des Mittels auszuschliessen. Wenn man nach diesem Grundsatz aus der erwähnten Reihe vier „erste Analysen“ und vier andere ausschliesst, bekommt man als Mittel 0·3187 pro Mille mit einem mittleren Fehler von 0·00328. Der wahrscheinliche Fehler jeder Analyse beträgt 0·00221. Eine andere Reihe von neun Analysen gab mit denselben Massregeln als Mittel 0·3171 pro Mille und als wahrscheinlichen Fehler 0·00173. Den jetzt erwähnten Grundsatz betreffs der Beurtheilung der Analysenresultate habe ich bei sämtlichen Versuchen durchzuführen gesucht. Es sind immer Doppelanalysen gemacht worden und, wenn die zwei Analysen sich um mehr als 0·004 pro Mille unterschieden, wurden noch eine oder zwei ausgeführt. Es ist natürlich möglich, dass zwei auf einander folgende Analysen, welche mit einander gut stimmen, beide fehlerhaft sind. Der Einfluss von derartigen Zufällen wird nur durch das Anstellen von mehreren Versuchen unter möglichst unveränderten Verhältnissen ausgeschlossen. Aus den mit dem neuen Apparate ausgeführten Doppel- und mehrfachen Analysen habe ich die mittleren Abweichungen berechnet, und zwar besonders für die Versuche October-November 1896, April-Mai 1897 und September-October 1897. Dieselben betragen

0.0011, 0.0016 bzw. 0.0019 pro Mille und beziehen sich auf 33, 51 bzw. 93 Doppelanalysen. Aus dem, was ich jetzt betreffs der Zuverlässigkeit der Analysen angeführt habe, dürfte hervorgehen, dass man bei der Bestimmung des CO_2 -Gehaltes in den entnommenen Luftproben nicht weitere Fehlergrenzen als ± 0.0025 pro Mille anzunehmen braucht. Bei der Bestimmung der Steigerung des CO_2 -Gehaltes in der Respirationskammer während einer Versuchsperiode $[\beta_2 - \beta_1]$ sind die Fehlergrenzen also ± 0.005 , was einem Fehler $\pm 1.0\%$ CO_2 oder $\pm 0.3\%$ C bei der Berechnung der in einer Versuchsperiode stattgefundenen Entwicklung von CO_2 bzw. Verbrennung von C entspricht. Ein Uebelstand ist, dass bei der Berechnung der CO_2 -Entwicklung die möglichen Fehler bei der Bestimmung des CO_2 -Gehaltes am Anfang und Ende einer Versuchsperiode sich summiren. Wenn man die CO_2 -Entwicklung für längere Zeitabschnitte, welche mehrere Versuchsperioden umfassen, zu bestimmen beabsichtigt, tritt dieser Uebelstand ganz in den Hintergrund, da die Fehler der einzelnen Versuchsperioden einander ausgleichen. Wenn es dagegen gilt, die CO_2 -Entwicklung in 1 Stunde oder noch kürzeren Zeitabschnitten zu bestimmen, tritt jener Uebelstand zu Tage. Dieses Sachverhältniss nebst dem Umstande, dass der neue grössere Analysenapparat nicht ohne einen ziemlich grossen Zeitaufwand angewendet werden kann, führte mich auf den Gedanken, einen Differentialapparat zu construiren, welcher die Steigerung des CO_2 -Gehaltes $[\beta_2 - \beta_1]$ direct angiebt. Dieser Apparat wurde aber vor Abschluss der vorliegenden Versuche nicht fertig.

Die Grenzen, innerhalb welcher die oben erörterten Fehlerquellen die Resultate beeinflussen können, sind also höchstens $\pm 1.5\%$ CO_2 oder $\pm 0.4\%$ C. Wir wollen jetzt nachsehen, wie dies mit den Ergebnissen der Controlversuche stimmt.

Die in Tabelle II zusammengestellten Controlversuche können als Fortsetzung der von Tigerstedt und Sondén¹ mitgetheilten betrachtet werden. Die Differenzen zwischen den gefundenen und den aus der Gewichtsabnahme der Lampe berechneten C-Mengen sind, wenn man dieselben in Procenten der betreffenden C-Mengen berechnet, meistens grösser als die entsprechenden Werthe, welche Tigerstedt und Sondén gefunden haben. Die absolute Grösse jener Differenzen ist aber bei meinen Versuchen durchweg geringer. Der hohe procentuelle Werth des Versuchsfehlers — im Mittel 2.6 Procent — kommt offenbar davon her, dass bei meinen Versuchen die CO_2 -Entwicklung viel geringer gewesen ist. Der absoluten Grösse jener Differenzen nach zu

¹ *Dieses Archiv*. Bd VI., S. 45.

Tabelle II.

Versuch	C		Differenz		
	gefunden	berechnet	g	Procent	Δ
11. März 1895	31.60	31.67	-0.07	0.2	+0.23
15. „ „	10.30	10.60	-0.30	3.0	0.00
28. Januar 1897	11.46	12.07	-0.61	5.0	-0.31
13. März „	12.67	13.27	-0.60	4.5	-0.30
17. „ „	10.80	11.37	-0.57	5.0	-0.27
9. April „	12.70	12.07	+0.63	5.2	[+0.93]
20. „ „	13.98	14.48	-0.50	3.4	-0.20
19. Juni „	13.05	13.01	+0.04	0.3	+0.34
21. „ „	12.04	12.53	-0.49	4.0	-0.19
6. September „	8.80	8.87	-0.07	0.8	+0.23
8. November „	11.64	11.57	+0.07	0.6	+0.37
11. „ „	21.64	21.89	-0.25	1.1	+0.05
11. „ „	22.11	22.33	-0.22	1.0	+0.08
		Im Mittel	-0.30	2.6	± 0.25

urtheilen, schwanken die Versuchsfehler zwischen $\pm 0.6\%$ C oder $\pm 2.2\%$ CO₂. Dieser Betrag ist zwar gross und würde vielleicht die Methode, wenn es sich um Bestimmungen der CO₂-Entwicklung für kürzere Perioden, 1 Stunde und darunter handelt, weniger verwerthbar machen. Für längere Perioden, 6 bis 24 Stunden, oder wenn man, wie bei den Untersuchungen von Tigerstedt und Sondén, die CO₂-Entwicklung mehrerer Individuen auf einmal bestimmt, tritt ein Fehler dieser Ordnung ganz in den Hintergrund. Wir werden aber sehen, dass in der That die Genauigkeit der Methode viel grösser ist, als was die jetzt besprochenen Fehlergrenzen angeben.

Da fast alle Differenzen in Tabelle II negativ sind, liegt es nahe, anzunehmen, dass ein constanter Fehler vorhanden ist; derselbe kann entweder die Methode selbst oder die Bestimmung der in der Lampe verbrannten Menge von C betreffen. Die Versuche sind alle unter denselben Verhältnissen ausgeführt wie die eigentlichen Respirationsversuche, und die CO₂-Entwicklung pro Stunde berechnet ist etwas, aber nicht in höherem Grade, grösser, als was man bei Menschen unter gewöhnlichen Verhältnissen findet. Da ich in erster Linie beabsichtige, die Ergebnisse der verschiedenen Respirationsversuche mit einander zu vergleichen, scheint es mir, dass die Schwankungen, welche die erwähnten Differenzen in Bezug auf ihre absolute Grösse von dem einen zum anderen Versuche darbieten, bessere Aufschlüsse über die Anwendbarkeit der Methode geben, als die procentuelle Berechnung

jener Differenzen. Ich schliesse also den Versuch vom 9. April, welcher von den anderen in auffälliger Weise abweicht, aus. Die übrigen geben $0.30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ als Mittel für die Differenz zwischen dem von dem Respirationsapparate gegebenen und dem aus der Gewichtsabnahme der Lampe erhaltenen Werthe, und wir betrachten jenes Mittel als einen constanten Fehler. Der variable Fehler bei den einzelnen Versuchen ist in Tabelle II in Columne Δ angegeben. Dieser von dem einen zum anderen Versuche schwankende Fehler — im Mittel $\pm 0.25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ oder $\pm 0.92 \text{ }^{\circ}\text{CO}_2$ — liegt offenbar innerhalb der Grenzen — $\pm 0.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ oder $\pm 1.5 \text{ }^{\circ}\text{CO}_2$ —, welche ich oben aus den Versuchsbedingungen und der Genauigkeit des Analysenapparates hergeleitet habe. Wir können in Folge dessen annehmen, dass die Mischung der Luft in der Respirationskammer hinreichend ist. Der constante Fehler $0.30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ oder $1.1 \text{ }^{\circ}\text{CO}_2$ rührt möglicherweise davon her, dass durch unvollständige Verbrennung eine geringe Menge — im Mittel 0.34 ° — Oel bei den Controlversuchen verloren gegangen ist. Da diese Möglichkeit nicht auszuschliessen ist, habe ich in Bezug auf die bei den Respirationsversuchen erhaltenen Werthe keine Correction unternommen.

Aus der Prüfung, welche ich mit dem Tigerstedt-Sondén'schen Respirationsapparate vorgenommen habe, geht also hervor, dass man bei der Bestimmung der in einer Versuchsperiode stattgefundenen CO_2 -Entwicklung höchstens einen Fehler von $\pm 1.5 \text{ }^{\circ}\text{CO}_2$ zu befürchten hat. Wie aber aus den Controlversuchen unter Berücksichtigung des bei diesen stattfindenden constanten Fehlers hervorgeht, beträgt der mittlere Fehler nur $\pm 0.92 \text{ }^{\circ}\text{CO}_2$.

Als Beispiel der Genauigkeit, welche man bei Respirationsversuchen mit dem Apparate erreichen kann, führe ich hier die mittleren Abweichungen an, welche ich bei einigen Versuchsreihen erhalten habe:

		Mittel der Versuchs- reihe	Dauer der Versuchs- perioden
März-Mai 1895 . . .	$\pm 1.03^1 \text{ }^{\circ}\text{CO}_2$	$11.6 \text{ }^{\circ}\text{CO}_2$	$\frac{1}{2}$ Stunde
März-Mai 1895 . . .	$\pm 1.21^1 \text{ }^{\circ}$	10.7 °	„
October-November 1876	$\pm 0.93^1 \text{ }^{\circ}$	22.2 °	1 Stunde
März-April October-November } 1897	$\pm 1.21 \text{ }^{\circ}$	20.88 °	„
October-November 1897	$\pm 1.17 \text{ }^{\circ}$	42.36 °	2 Stunden

¹ Erst bei den späteren Versuchsreihen wurde die mittlere Abweichung nach der üblichen Formel $\sqrt{\frac{\sum \epsilon^2}{n-1}}$ berechnet. Ich habe daher die ersten Werthe hier nach jener Formel umgerechnet, damit alle Werthe vergleichbar seien.

III.

Bei der Anordnung der Versuche stellte ich mir die Frage: Wie lange Zeit nach der letzten Mahlzeit sollen die Versuche vorgenommen werden? Im Hunger stellt sich der Stoffwechsel auf ein Minimum ein, und dieser Zustand scheint die grösste Gleichmässigkeit betreffs der Vorgänge im Organismus zu gewähren. Wie aus dem von Tigerstedt angeordneten Hungerversuche auf J. A.¹ hervorgeht, zeigt der Gesamtstoffwechsel schon am ersten Hungertage, d. h. schon 12 Stunden nach der letzten Mahlzeit einen Werth, welcher nur 6 Procent höher ist als der entsprechende Werth am fünften Hungertage, wenn die betreffenden Werthe auf die Gewichtseinheit bezogen werden. Es wurde auch von Tigerstedt hervorgehoben, dass in der That jener Unterschied noch geringer ist, wenn der Antheil der Kohlehydrate am Gesamtstoffwechsel in Betracht genommen wird. Berücksichtigt man nur die CO₂-Abgabe im Schlafe, so findet man keinen Unterschied zwischen dem ersten und fünften Hungertage. Es dauert zwar länger als 12 Stunden, ehe der wirkliche Hungerzustand eintritt und jeder Einfluss der vorhergehenden Nahrung verschwunden ist. Für meine Versuche ist es indessen weder nothwendig noch zweckmässig, diesen Zeitpunkt abzuwarten. Es genügt, dass die unmittelbare Steigerung des Stoffwechsels nach der letzten Mahlzeit vorüber ist. Ich halte es für zweckmässiger, die Wirkung verschiedener Factoren, wie Muskelarbeit u. s. w. zu studiren, ehe die Vorgänge im Organismus den für den Hungerzustand charakteristischen Verlauf angenommen haben. Abgesehen davon, dass jene Anordnung leichter durchzuführen ist, erreicht man durch dieselbe die erwünschte Versuchsbedingung — Ausschliessen eines störenden Factors — ohne den Zustand des Organismus in höherem Grade zu ändern. Das plötzliche Sinken des Gesamtstoffwechsels am ersten Hungertage dürfte man wohl mit dem ähnlichen Effect, welchen das Ausschliessen der Muskelbewegungen herbeiführt, gleichstellen können.

Es fragt sich also: Wann ist die von einer Mahlzeit bewirkte Steigerung des Stoffwechsels vorüber? Betreffs dieser Frage habe ich selbst keine Versuche angestellt. Ich führe hier die von Magnus-Levy² mitgetheilten Untersuchungen über den Gaswechsel des Menschen bei freigewählter Kost an. Die Wirkung der Abendmahlzeit bei der einen Versuchsperson war schon nach 5 Stunden

¹ *Dieses Archiv.* Bd. VII, S. 54.

² *Arch. f. d. ges. Physiologie.* Bd. LV, S. 93 (1893).

vorüber. Von der Wirkung der Mittagsmahlzeit war vor dem Abendbrot, d. h. nach 6 Stunden, sehr wenig zu sehen. Bei einem anderen Versuchsindividuum hatte die Steigerung nach einer freigewählten Mittagsmahlzeit einen mehr ausgezogenen Verlauf. In der siebenten Stunde fand eine ausgeprägte Abnahme statt. Magnus-Levy ist der Meinung, dass der Nüchternwerth des Gaswechsels sicher nach 12 bis 14 Stunden; meist schon viel eher, erreicht ist.

Betreffs der N-Abgabe habe ich folgende Werthe aus einigen von Rosemann¹ mitgetheilten Versuchen zusammengestellt. Bei drei Versuchen nahm die Versuchsperson keine Nahrung von $\frac{1}{2}$ 8^h Abends bis $\frac{1}{2}$ 2^h Nachmittags am folgenden Tage. Die N-Abgabe in der Periode von 7^h Vormittags bis 1^h Nachmittags, d. h. 12 bis 18 Stunden nach der letzten Mahlzeit betrug 2.98, 2.72, 3.08 g. Bei einem anderen Versuche wurde von 8^h Abends an 42 Stunden hindurch gefastet. Während dieser Zeit wurden folgende N-Mengen abgegeben:

7 ^h Vorm. bis 1 ^h Nachm.	2.97 ^g
1 ^h Nachm. bis 7 ^h Vorm.	2.95 ^g
7 ^h Nachm. bis 1 ^h Vorm.	2.01 ^g
1 ^h Vorm. bis 7 ^h Vorm.	1.95 ^g
7 ^h Vorm. bis 1 ^h Nachm.	2.75 ^g

Während der Periode 7^h Vormittags bis 1^h Nachmittags wurde also fast dieselbe N-Menge abgegeben, gleichgültig, ob die Versuchsperson 12 oder 36 Stunden vorher gefastet hatte.

Aus den oben angeführten Beobachtungen geht hervor, dass man berechtigt ist, die unmittelbare Einwirkung der Nahrungsaufnahme nach 12 Stunden als vorübergegangen anzusehen. Unter diesen Verhältnissen können kleinere Variationen in der Zusammensetzung der letzten Mahlzeit keinen störenden Einfluss herbeiführen. Bei den ersten meiner Versuchsreihen wurde die Zusammensetzung der letzten Mahlzeit nicht besonders beachtet. Erst bei den Versuchen September bis November 1897 wurde dieselbe bestimmt. Es wurden immer dieselben Nahrungsmittel gewählt, aber in Mengen, welche jedesmal von der vorhandenen Esslust und möglicherweise auch von der Vorstellung der künftigen Faste abhängig waren. Die mittlere Zusammensetzung der Mahlzeit war:

115 g Beefsteak,	20 g Käse,
130 g Kartoffeln,	15 g Zucker,
60 g Brot,	$\frac{1}{3}$ Liter Bier und
40 g Butter,	1 Tasse Thee oder Kaffee.

¹ *Arch. f. d. ges. Physiologie.* Bd. LXV, S. 354, 360 (1896).

Die entsprechende Energiezufuhr beträgt 1060 Cal. und die N-Zufuhr 7.2^g, wenn man mit Rubner einen Verlust von 8 Procent berechnet. Die bei den einzelnen Versuchen stattfindenden Abweichungen von diesen Mittelwerthen sind aus Tabelle XIII zu ersehen. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist die mittlere Zusammensetzung der entsprechenden Mahlzeit auch bei den früheren Versuchsreihen dieselbe gewesen, welche unter den nämlichen Verhältnissen ausgeführt wurden. Die Versuche der vierten Gruppe in Tab. XIII zeichnen sich durch eine geringere Nahrungszufuhr bei der letzten Mahlzeit als bei der übrigen aus, was damit zusammenhängt, dass diese Mahlzeit um eine ungewöhnliche Zeit — 6^h Morgens — stattfand und in Folge dessen die Esslust sehr gering war. Bei den in der ersten Gruppe enthaltenen Versuchen war die letzte Mahlzeit und besonders die N-Zufuhr etwas reichlicher als bei den übrigen. Es muss hierbei bemerkt werden, dass die vorletzte Mahlzeit in jenen Fällen 14 Stunden vorher, in den übrigen aber nur vor 6 bis 8 Stunden stattgefunden hatte.

Die Respirationsversuche wurden wie erwähnt immer 12 Stunden nach der letzten Mahlzeit vorgenommen. Der Stoffwechsel während jener 12 Stunden war also nicht Gegenstand einer Beobachtung. Bei einigen Versuchen bestimmte ich doch die N-Abgabe während jener Zeit. Die entsprechenden Zahlen sind in Tabelle IX angeführt. Es geht aus denselben hervor, dass während jener 12 Stunden fast eine ebenso grosse N-Menge abgegeben wurde, wie die mit der letzten Mahlzeit zugeführte. Uebrigens kann man in den Schwankungen der N-Abgabe keinen Einfluss von der Zusammensetzung der letzten Mahlzeit verspüren. Nach den Untersuchungen von Hultgren und Landergren¹ über die Ernährung bei frei gewählter Kost war dies Verhalten zu erwarten.

Es fragt sich nun: Soll man bei Versuchen wie den vorliegenden für eine unveränderte Zusammensetzung der letzten Mahlzeit sorgen oder dies der Willkür der Versuchsperson überlassen? Ich glaube, wenn nicht eine bestimmte Kost während 2 bis 3 Tagen vor dem Versuche eingehalten wird, so kann man auch gut die letzte Mahlzeit der freien Wahl der Versuchsperson überlassen. Die Möglichkeit einer Compensation wird in dieser Weise gegeben. Selbstverständlich müssen übermässige Variationen vermieden werden.

Mein Körpergewicht ist während der Zeit der Versuche im Mittel 73^{kg} gewesen.

¹ *Hygiea, Festband.* Nr. 11 (1889).

Der Thätigkeitszustand während der Zeit vor dem Respirationsversuche kann natürlicherweise nicht ohne Bedeutung sein sowohl für den Stoffwechsel wie für das Verhalten der Körpertemperatur. Bei der Versuchsreihe October-November 1896 wurden die zweistündigen Respirationsversuche vorgenommen ohne jede besondere Anordnung in dieser Hinsicht. Diese Versuche können also als zu den verschiedenen Tageszeiten in das gewöhnliche tägliche Leben hineingeschaltete Observationsperioden betrachtet werden. Bei den folgenden Versuchsreihen war es ursprünglich meine Absicht, die 6 Stunden unmittelbar vor dem Respirationsversuche im Bette zuzubringen, um schon vor dem Beginn des hauptsächlichsten Versuchsabschnittes den Einfluss von Körperbewegungen auszuschliessen. Ich konnte aber diesen Plan nicht durchführen. Nur die Versuche VIII bis X wurden in dieser Weise angeordnet.¹ Bei den übrigen wurde Bettruhe nur während etwa 1 Stunde unmittelbar vor dem Respirationsversuche beobachtet. In Folge dessen findet sich ein Unterschied zwischen den verschiedenen Versuchsgruppen vor, welche den ungleichen Tageszeiten entsprechen. Bei der Gruppe *A* wird Bettruhe längere Zeit vor dem Respirationsversuche ganz vermisst. Der Respirationsversuch trifft in der Nacht ein, und während des ganzen Tages vorher war ich wie gewöhnlich beschäftigt. Bei der Gruppe *B* gehen 5 bis 6 Stunden Bettruhe dem Respirationsversuche voran. Die Bettruhe wurde aber während etwa $\frac{3}{4}$ Stunden unterbrochen, welche Zeit ich zum Kleider anziehen und nach dem Laboratorium zu gehen brauchte. Bei der Gruppe *C* findet eine ziemlich langdauernde Bettruhe statt von etwa 12^h Nachts bis 9^h Vormittags. Ich wachte zwar um 7^h auf, blieb aber noch im Bette. Bei der Gruppe *D* wird wie bei der Gruppe *A* Bettruhe vor dem Respirationsversuche vermisst.

Der Gaswechsel wird wohl kaum von diesem Unterschied zwischen den verschiedenen Versuchsgruppen, wenigstens nicht direct, beeinflusst. Derselbe stellt sich nämlich sehr rasch nach dem vorhandenen Thätigkeitszustande ein. In indirecter Weise kann doch eine Einwirkung stattfinden und zwar in Folge der verschiedenen Lebhaftigkeit der psychischen Thätigkeit. Wie dieselbe den Gaswechsel beeinflusst, soll weiter unten besprochen werden. In den Nachtversuchen war ich nach der Arbeit am vorhergehenden Tage müde und schläfrig. Dass die N-Abgabe von dem vorhergehenden Thätigkeitszustande abhängig ist,

¹ Der beabsichtigte Vortheil der betreffenden Versuchsanordnung wurde dadurch vereitelt, dass das Respirationszimmer kurz vor dem Respirationsversuche ventilirt werden musste. In Folge der hierbei entstehenden Temperatursenkung und dem vom Ventilator verursachten Geräusch u. s. w. wurde die Ruhe gestört.

ist nach den Ergebnissen meiner Versuche und derjenigen von Rosemann sehr wahrscheinlich. Betreffs der Körpertemperatur macht sich der Unterschied am meisten geltend. Die Versuche 6^h Morgens bis 12^h Mittags, Gruppe B, fangen mit einer niedrigeren Temperatur als die anderen an. Bei der Deutung meiner Versuchsergebnisse darf der Einfluss des Tätigkeitszustandes vor dem Versuche nicht unbeachtet gelassen werden.

Die Anordnungen während des eigentlichen Respirationsversuches boten in einigen Beziehungen Unterschiede zwischen den zu ungleichen Tageszeiten ausgeführten Versuchen dar. Vor allem muss der etwaige Einfluss des Tageslichtes berücksichtigt werden. Bei der ersten Versuchsreihe suchte ich durch elektrische Beleuchtung während der Nachmittags- und Nachtstunden die Einwirkung des Tageslichtes während der übrigen zu ersetzen. Die 6stündigen Versuchsreihen wurden im Dunkeln ausgeführt. Das Tageslicht konnte doch nicht vollständig ausgeschlossen werden, und einige unten näher zu besprechende Erscheinungen sind aller Wahrscheinlichkeit nach auf diesen Einfluss zurückzuführen. Zufälliges Geräusch in den anliegenden Zimmern wurde meistens durch das von dem Ventilator und dem Pumpwerke verursachte gedeckt.

Es war meine Absicht, sämtliche Versuche bei derselben Temperatur in der Umgebung auszuführen. Es war aber unmöglich, die Temperatur im Respirationszimmer zu beherrschen. Wie aus der Tabelle XVI b hervorgeht, sind diejenigen Versuche — die Gruppen C und D —, welche die Tageszeiten 12^h Mittags bis 6^h Nachmittags und 6^h Nachmittags bis 12^h Nachts umfassen, im allgemeinen bei höherer Temperatur als die übrigen ausgeführt. Ein anderer Uebelstand ist der, dass die Temperatur während eines und desselben Versuches sich ändert und zwar in einer Weise, die an die gewöhnlichen Tagesschwankungen der Körpertemperatur erinnert. Während der Nachtversuche sinkt die Temperatur, und bei den Versuchen 6^h Morgens bis 12^h Mittags findet meistens eine nicht unbeträchtliche Steigerung statt. Auf den Gaswechsel haben diese Temperaturschwankungen keinen Einfluss ausgeübt, wie eine Zusammenstellung der Tabellen IV und XVI b zeigt. Die Untersuchungen von Loewy¹ und mir² werden hierdurch bestätigt. In wie weit man denselben eine Einwirkung auf die Körpertemperatur bemessen kann, soll weiter unten besprochen werden.

¹ *Arch. f. d. ges. Physiologie.* Bd. XLVI, S. 189 (1890).

² *Dieses Archiv.* Bd. VII, S. 123 (1897).

Bei der ersten Versuchsreihe wurde vollständige Muskelruhe 2 Stunden hindurch beibehalten. Bei den meisten der sechsstündigen Versuche hatte die „Periode vollständiger Muskelruhe“¹ eine Dauer von 1 Stunde. Jeder Versuch umfasste drei solcher Perioden. Während der Zwischenperioden, welche ebenfalls 1 Stunde betrug, fand gewöhnliche Betruhe statt. Am Anfang und Ende der Zwischenperioden — was für die Versuchsperson durch elektrische Signale markirt wurde — wurden Bestimmungen der Temperatur im Rectum und der Pulsfrequenz ausgeführt. Bei einigen der letzten Versuche wurden zwei zweistündige Perioden vollständiger Muskelruhe angeordnet in der Absicht, so grossen Antheil des Versuches wie möglich für das Erhalten von „Ruhewerthen“ zu verwerthen. Diese Aenderung in der Versuchs-anordnung kann doch keine Störung herbeigeführt haben.

Da ich selbst die Versuchsperson war, wurden die Probeentnahmen und die nöthigen Ablesungen von Gasuhr, Thermometer und Barometer von dem Mechaniker des Laboratoriums ausgeführt.

Die Perioden der vollständigen Muskelruhe sind selbstverständlich die wichtigste Abtheilung der Versuche. Es fragt sich, ob diese Perioden mit einander vergleichbar sind, ob während derselben immer derselbe Grad von Muskelruhe eingehalten wurde. Dass keine willkürlichen Bewegungen stattgefunden haben, ist ganz sicher. Auch solche Bewegungen, welche man für gewöhnlich unbewusst ausführt, z. B. Aenderung der Lage, sind vollkommen ausgeschlossen worden. Wenn man sich daran gewöhnt, seine Bewegungen zu beobachten, so verursacht jede noch so geringfügige Bewegung eine sehr lebhaft empfundene Empfindung. Jene Bewegungen können also meiner Aufmerksamkeit nicht entgangen sein. Es erübrigt nur noch, die unwillkürlichen Bewegungen, vor allem die Athembewegungen und den Muskeltonus zu besprechen. Beide Vorgänge sind bekanntlich von dem jeweiligen psychischen Zustande wesentlich abhängig, und zwar ist man berechtigt anzunehmen, dass, je mehr der psychische Zustand sich dem, was wir Schlaf nennen, nähert, um so mehr nehmen jene Arten von Muskelthätigkeit an Intensität ab. Bei meinen Versuchen bestrebte ich mich besonders, während der Periode der Muskelruhe Schlaf zu vermeiden. Es kamen aber alle Uebergänge von Halbschlummer bis lebhaft geistesthätigkeit in den verschiedenen Versuchen vor.

¹ Diese Bezeichnung werde ich im Folgenden für diejenigen Versuchsperioden anwenden, während welcher willkürliche Muskelbewegungen völlig ausgeschlossen waren. Die Zwischenperioden werden „Perioden gewöhnlicher Betruhe“ genannt.

Nach den betreffenden Versuchsperioden wurde angezeigt, ob Schlaf trotz aller Bemühungen sich eingestellt hatte, ob die Geistesthätigkeit ungewöhnlich lebhaft gewesen war, oder ob etwas passirte, was die Ruhe stören konnte. Mehrmals, nachdem ich während einiger Minuten einen Gedankengang eingehalten hatte, kam es mir bei der Rückkehr der Selbstbeobachtung vor, als ob die Athmung etwas lebhafter wie gewöhnlich gewesen wäre und eine gelinde Contraction in der Bein- oder Armmusculatur stattgefunden hatte. In einigen Fällen stellte sich eine gewisse Unruhe mit gelinden subjectiven Athembeschwerden ein. Diese Fälle sind in den Versuchsprotokollen mit „Unruhe“ bezeichnet. Bisweilen war die Salivation vermehrt, was wiederholte Schluckbewegungen verursachte.

Schwankungen der psychischen Thätigkeit, der Athembewegungen und des Muskeltonus sind gewiss vorgekommen. Bei der Besprechung der Versuchsergebnisse sollen diese Einflüsse berücksichtigt werden. Auch der Blutdruck, der Umfang der Herzsystole und die Pulsfrequenz haben aller Wahrscheinlichkeit nach ähnliche Schwankungen in den verschiedenen Versuchen dargeboten.

Während der Respirationsversuche wurde die Temperatur im Rectum gemessen und zwar mit einem mehrmals controlirten Maximalthermometer. Die Ablesungen wurden immer nach der Abkühlung des Thermometers gemacht. Diese Methode ist zwar nicht so zuverlässig, wie wenn man einen Thermometer dauernd im Rectum liegen lässt und denselben in dieser Lage abliest. Dies war aber bei meiner Versuchsanordnung nicht möglich. Jedenfalls kann man mit dem Maximalthermometer Resultate erhalten, welche bis auf 0.1° sicher sind.

IV.

Tab. III (s. S. 104) enthält die Ergebnisse der zweistündigen Versuchsreihe October-November 1896.¹ Die Schwankungen der CO_2 -Abgabe, welche den verschiedenen Tageszeiten entsprechen, überschreiten kaum die Grenzen der Versuchsfehler. Es geht also aus dieser Versuchsreihe hervor, dass, wenn die Tageszeit einen Einfluss auf die CO_2 -Abgabe des Körpers ausübt, derselbe sehr geringfügig sein muss.

In der Tab. IV (s. S. 106) werden die Ergebnisse der sechsstündigen Versuche April-Mai und October-November 1897 mitgetheilt. Diejenigen Werthe der CO_2 -Abgabe, welche sich auf Perioden vollständiger Muskel-

¹ Diese Versuche sind schon veröffentlicht worden. *Nord. Med. Arkiv. Festband. Nr. 22 (1897).*

Tabelle III.

Versuch	Zeit	CO ₂ -Abgabe in 1 Stunde	Abweichung vom Mittel
		g	g
II.	6—8 ^h Vorm.	22·4	+0·2
VII.	8—10 ^h „	22·9	+0·7
I.	10—12 ^h „	23·2	+1·0
III.	12—2 ^h Nachm.	23·3	+1·1
XI.	2—4 ^h „	20·6	-1·6
IX.	4—6 ^h „	22·9	+0·7
XII.	6—8 ^h „	22·5	+0·3
IV.	8—10 ^h „	22·2	±0
V.	10—12 ^h „	22·2	±0
VIII.	12—2 ^h Vorm.	21·3	-0·9
X.	2—4 ^h „	20·5	-1·7
VI.	4—6 ^h „	22·1	-0·1
	Mittel	22·2	±0·93

ruhe beziehen, sind durch fetten Druck hervorgehoben. Bei jedem Versuche ist der grosse Unterschied zwischen diesen Werthen und denjenigen der Zwischenperioden zu sehen. Die Bewegungen, welche bei gewöhnlicher Bettruhe stattfinden, bewirken also eine beträchtliche Steigerung der CO₂-Abgabe. Um die in Tabelle IV angeführten Werthe für weitere Schlussfolgerungen zu verwerten, habe ich dieselben nach drei verschiedenen Weisen geordnet.

1. Die Ruhewerthe werden für sich zusammengestellt, Tabelle V. Aus denselben wird theils der mittlere Betrag der CO₂-Abgabe bei vollständiger Ausschliessung der willkürlichen Muskelbewegungen, theils die Tagesschwankungen der CO₂-Abgabe unter den genannten Verhältnissen berechnet.

2. Die Werthe der CO₂-Abgabe während der Perioden gewöhnlicher Bettruhe werden in derselben Weise behandelt (Tabelle V s. S. 108).

3. Für jede zweistündige Tagesperiode wird aus sämtlichen Werthen, welche sich auf die betreffende Periode beziehen, je ein Mittel berechnet. Die Reihe dieser Mittelwerthe stellt den gefundenen, tatsächlichen mittleren Verlauf der CO₂-Abgabe während der verschiedenen Tageszeiten dar. Diese Werthe werden mit den entsprechenden Werthen der Körpertemperatur zusammengestellt (Tabelle XVII s. S. 137).

Bei den Zusammenstellungen der Ruhewerthe und denjenigen der Zwischenperioden treffen wir einige Werthe, welche in augenfälliger

Weise von den übrigen abweichen. Vor allem ist dies der Fall bei den Versuchen XVII und XIX. Beim ersteren befand ich mich vor dem Beginn des Versuches in einer sehr irritirten Stimmung, welche während der nächsten Stunden fort dauerte, bis ich während der letzten Stunden einschlief. Die Pulsfrequenz (s. Tab. XVIII S. 141) zeigt höhere Werthe wie gewöhnlich. Die Athmung war die ganze Zeit etwas unruhig. Ich konnte bei diesem Versuche mich nicht in den gewöhnlichen Ruhezustand versetzen und schliesse daher bei der Berechnung des Mittels die Werthe, welche den Ruheperioden dieses Versuches entsprechen, aus. Bei dem Versuche XIX sind die Werthe für alle Perioden ungewöhnlich hoch. Obschon ich keinen Grund für diese hohen Werthe angeben kann, finde ich mich berechtigt, diese Werthe bei der Berechnung des Mittels ebenfalls auszuschliessen. Ebenso werden einige Werthe ausgeschlossen, weil ich während der entsprechenden Perioden — Zwischenperioden — aus dem Bette aufstehen musste. Dagegen nehme ich bei der Berechnung auch die Werthe mit, welche sich auf solche Perioden beziehen, von denen in den Versuchsprotokollen angegeben war, „Geistesthätigkeit sehr lebhaft“ oder „etwas geschlafen“, „Halbschlummer“. Der niedrigste von mir beobachtete Werth der CO_2 -Abgabe in 1 Stunde war $18.2 \text{ \textcircled{r}}$ und der höchste, welchen ich bei der Zusammenstellung der Ruhewerthe mitgenommen habe, ist $23.2 \text{ \textcircled{r}}$. Die Zahl sämmtlicher Einzelbeobachtungen der CO_2 -Abgabe bei vollständiger Muskelruhe beträgt 45. Dieselben haben als Mittel $20.88 \text{ \textcircled{r}}$ CO_2 in 1 Stunde gegeben. Die mittlere Abweichung beträgt $\pm 1.21 \text{ \textcircled{r}}$, was 5.8 Proc. von jenem Mittel entspricht und nur sehr wenig die bei der vorigen Versuchsreihe, Oct.-Nov. 1896, gefundene $\pm 0.93 \text{ \textcircled{r}}$ übersteigt. Es fragt sich nun: stehen die Abweichungen der Einzelbeobachtungen mit den verschiedenen Tages-Zeiten im Zusammenhang? Ich habe sämmtliche Einzelbeobachtungen nach den entsprechenden Tageszeiten geordnet und das Mittel für Perioden von 2 Stunden berechnet (Tab. V s. S. 108). Die Zahl der Einzelbeobachtungen ist zu gering, um eine Berechnung der mittleren Abweichung für jede dieser Perioden zu gestatten. Wie aus der Tabelle V hervorgeht, lassen sich jene Perioden in drei Gruppen eintheilen: 12^{h} Nachts bis 8^{h} Morgens, 8^{h} Morgens bis 4^{h} Nachmittags, 4^{h} Nachmittags bis 12^{h} Nachts.

Sämmtliche Einzelbeobachtungen werden jetzt nach dieser Tageseintheilung in drei Gruppen geordnet. Für jede Gruppe wird ein Mittel berechnet, welches in Tabelle V in einer besonderen Columnne mitgetheilt wird nebst dem absoluten und procentuellen Betrage der mittleren Abweichung und der Zahl (n) der entsprechenden Einzelbeobachtungen. Der Unterschied zwischen der CO_2 -Abgabe in

C:	Mitt.						Nachm.																																																																																												
	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																																																																																						
X.	22. April	20.0	26.5	21.4	26.2	46.8	140.9																																																																																												
XIV.	4. Mai	24.3	21.2	25.2	20.8	23.5	136.8																																																																																												
XIX.	19. Oct.	[27.9	24.3	27.5	23.0	27.5	[155.2]																																																																																												
XXIV.	2. Nov.	24.0	23.8	21.6	[27.2*]	25.0	140.9						* Einmal aufgestanden																																																																																						
XXV.	5. "	25.7	21.8	26.3	[27.5*]	22.4	144.7						* Einmal aufgestanden																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="6">Nachm.</th> <th colspan="6">Nachts</th> </tr> <tr> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Mittel</td> <td>aus den Ruhewerthen</td> <td>21.0</td> <td>21.3</td> <td>21.3</td> <td>21.1</td> <td>21.1</td> <td>140.9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>aus den übrigen</td> <td>24.8</td> <td>25.9</td> <td>24.2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>																Nachm.						Nachts						6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	Mittel	aus den Ruhewerthen	21.0	21.3	21.3	21.1	21.1	140.9								aus den übrigen	24.8	25.9	24.2																																								
		Nachm.						Nachts																																																																																											
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6																																																																																					
Mittel	aus den Ruhewerthen	21.0	21.3	21.3	21.1	21.1	140.9																																																																																												
	aus den übrigen	24.8	25.9	24.2																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">D:</th> <th colspan="6">Nachm.</th> <th colspan="6">Nachts</th> </tr> <tr> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Mittel</td> <td>aus den Ruhewerthen</td> <td>25.4</td> <td>[23.5*]</td> <td>24.7</td> <td>19.9</td> <td>25.0</td> <td>20.7</td> <td>139.2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>* Krampf in den Wadenmuskeln</td> </tr> <tr> <td>aus den übrigen</td> <td>22.2*</td> <td>26.2</td> <td>19.1</td> <td>25.7</td> <td>19.9</td> <td>22.1</td> <td>135.2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>* Geistesthätigkeit lebhaft</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>[25.4*]</td> <td>26.1</td> <td>[24.3*]</td> <td>24.5</td> <td>[22.0*]</td> <td>[20.2**]</td> <td>[142.5]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>{ * Sehr irritirte Stimmung</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>27.1</td> <td>19.3</td> <td>21.5</td> <td>26.6</td> <td>21.4</td> <td>21.2</td> <td>137.1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>{ ** Schlaf</td> </tr> </tbody> </table>														D:		Nachm.						Nachts						6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	Mittel	aus den Ruhewerthen	25.4	[23.5*]	24.7	19.9	25.0	20.7	139.2						* Krampf in den Wadenmuskeln	aus den übrigen	22.2*	26.2	19.1	25.7	19.9	22.1	135.2						* Geistesthätigkeit lebhaft			[25.4*]	26.1	[24.3*]	24.5	[22.0*]	[20.2**]	[142.5]						{ * Sehr irritirte Stimmung			27.1	19.3	21.5	26.6	21.4	21.2	137.1						{ ** Schlaf
D:		Nachm.						Nachts																																																																																											
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6																																																																																					
Mittel	aus den Ruhewerthen	25.4	[23.5*]	24.7	19.9	25.0	20.7	139.2						* Krampf in den Wadenmuskeln																																																																																					
	aus den übrigen	22.2*	26.2	19.1	25.7	19.9	22.1	135.2						* Geistesthätigkeit lebhaft																																																																																					
		[25.4*]	26.1	[24.3*]	24.5	[22.0*]	[20.2**]	[142.5]						{ * Sehr irritirte Stimmung																																																																																					
		27.1	19.3	21.5	26.6	21.4	21.2	137.1						{ ** Schlaf																																																																																					

Tabelle V.

Zeit	Perioden vollständiger Muskelruhe		Perioden gewöhnlicher Betruhe	
	CO ₂ in 1 Stunde	Mittel; mittlere Ab- weichung	CO ₂ in 1 Stunde	Mittel; mittlere Ab- weichung
12—2 ^h Vorm.	g 20·1	g 19·95	g 23·0	g 23·29
2—4 ^h „	19·7	±1·035	22·8	±1·77
4—6 ^h „	20·2	5·1 ⁰ / ₀	21·0	7·6 ⁰ / ₀
6—8 ^h „	19·9	n = 11	24·4	n = 10
8—10 ^h „	21·8	21·45	27·2	26·40
10—12 ^h „	21·4	±1·013	27·2	±1·60
12—2 ^h Nachm.	21·0	4·7 ⁰ / ₀	24·8	6·0 ⁰ / ₀
2—4 ^h „	21·3	n = 21	25·9	n = 19
4—6 ^h „	21·1	20·75	24·2	25·15
6—8 ^h „	20·7	±1·125	26·2	±1·38
8—10 ^h „	20·2	5·4 ⁰ / ₀	25·4	5·5 ⁰ / ₀
10—12 ^h Nachts	20·8	n = 13	23·6	n = 12
Mittel für 24 Stunden		497·2		598·7
Mittel für 1 Stunde		20·72		24·94
Mittlere Abweichung		±1·057		±1·583
Mittlere Abweichung in Procenten }		5·1 ⁰ / ₀		6·3 ⁰ / ₀

1 Stunde während der Nacht und während der Periode 8^h Vormittags bis 4^h Nachmittags beträgt 1·5 g. Derselbe ist also etwas grösser als die möglichen Versuchsfehler.

Die mittlere Abweichung innerhalb jeder Gruppe ist etwas, wenn auch nur wenig, kleiner als diejenige, welche für sämtliche Einzelbeobachtungen berechnet wurde. Die Eintheilung in jene Gruppen ist also berechtigt. Aus den Mitteln der 3 Gruppen wird die CO₂-Abgabe für 24 Stunden bei vollständiger Muskelruhe berechnet auf 497·2 g, entsprechend im Mittel 20·72 g in 1 Stunde.

Wenn wir von diesem Mittel ausgehen, welches übrigens nur sehr wenig von dem direct aus den gesammten Einzelbeobachtungen erhaltenen — 20·88 — abweicht, so können wir sagen, dass die Nachtperiode 12^h Nachts bis 8^h Morgens durch eine Herabsetzung der CO₂-Abgabe um 3·7 Procent und die Tagesperiode 8^h

Morgens bis 4^h Nachmittags durch eine Steigerung um 3·5 Procent gekennzeichnet ist. Die Periode 4^h Nachmittags bis 12^h Nachts, weicht nur um 0·1 Procent vom Mittel ab. Werden die beiden Tagesperioden 8^h Vormittags bis 4^h Nachmittags bis 12^h Nachts zusammengenommen, so erhält man als Ausdruck für das Verhältniss zwischen der CO₂-Abgabe während des Tages und während der Nacht 105 : 100.

In derselben Weise wie die Ruhewerthe werden auch die Werthe der Zwischenperioden zusammengestellt. Die betreffenden Mittelwerthe und mittleren Abweichungen werden in Tabelle V, Col. 5 mitgetheilt. Die CO₂-Abgabe in 24 Stunden bei Bettruhe beträgt 598·7 g, entsprechend 24·94 g in 1 Stunde mit einer mittleren Abweichung von 1·583 g. Das Verhältniss zwischen der CO₂-Abgabe während des Tages und in der Nacht ist 110 : 100.

Aus der Tabelle V finden wir, dass die grösste Schwankung der CO₂-Abgabe in den Vormittagsstunden 8^h bis 12^h stattfindet. Auch bei der Versuchsreihe Oct.-Nov. 1897 (Tabelle III) finden wir eine entsprechende Steigerung. Die Werthe der CO₂-Abgabe für die Perioden gewöhnlicher Bettruhe (Tabelle V, Columne 4 und 5) zeigen auch dasselbe Verhalten: niedrige Werthe während der Nacht und eine Steigerung entsprechend den Vormittagsstunden. Die CO₂-Abgabe scheint also auch beim Hunger und vollständiger Muskelruhe oder gewöhnlicher Bettruhe von den verschiedenen Tageszeiten beeinflusst zu werden.

Wir wollen jetzt den Betrag, welchen die Schwankungen der CO₂-Abgabe bei meinen Versuchen darbieten, mit dem von Anderen gefundenen Unterschiede zwischen der CO₂-Abgabe in der Nacht und während des Tages vergleichen. Das Verhältniss zwischen Nacht und Tag beim Hunger ist

bei vollständiger Muskelruhe	100 : 105 (nach meinem Versuch)
„ gewöhnlicher Bettruhe	100 : 110 „ „ „
„ gewöhnlicher Lebensweise	100 : 142 (Tigerstedt u. Sondén ¹)
(keine körperliche Arbeit während des Tages Schlaf in der Nacht)	
„ gewöhnlicher Lebensweise	100 : 128 (Pettenkofer und Voit ²)
„ gewöhnlicher Lebensweise	100 : 147 (Tigerstedt ³)

¹ *Dieses Archiv.* Bd. VI, S. 148 (1895).

² Citat nach Tigerstedt und Sondén.

³ Hungerversuch an J. A. *Dieses Archiv.* Bd. VII, S. 73 (1896).

Man könnte jetzt sagen: Die Betheiligung der Muskelbewegungen bei der Entstehung der Tagesschwankungen in der CO_2 -Abgabe giebt sich durch die Verminderung des relativen Unterschiedes zwischen den mittleren Werthen für Tag und Nacht von 42 oder 28 Proc. bei gewöhnlicher Lebensweise bis 5 Procent bei vollständiger Muskelruhe zu erkennen. Was nach dem vollständigen Ausschliessen der willkürlichen Muskelbewegungen noch zu beobachten ist von jenen Tagesschwankungen, muss auf andere Factoren bezogen werden. Man könnte hierbei einen neuen und unbekanntem Factor herbeiziehen: eine directe Einwirkung vom Nervensystem auf die chemischen Vorgänge im Körper. Diese Einwirkung wäre periodischer Natur, und diese Periodicität wäre durch Gewöhnung oder etwas anderes Unbekanntes begründet. Eine andere und, wie es mir scheint, einfachere Erklärung ist folgende: Nach dem Ausschliessen der willkürlichen Muskelbewegungen, also in demjenigen Zustande, welchen ich der Kürze wegen vollständige Muskelruhe genannt habe, haben wir noch die Athembewegungen, die Herzthätigkeit und den sog. Muskel-Tonus zu berücksichtigen. Trotz aller Massregeln ist es mir nicht gelungen, jede Einwirkung der Aussenwelt auf jene Vorgänge während der Ruheperioden in meinen Versuchen auszuschliessen. Bei den Nachtversuchen macht sich die Nachwirkung der mehr oder weniger anstrengenden Arbeit während des vorhergehenden Tages geltend. Während der Vormittagsversuche tritt die Einwirkung des Tageslichtes ein, und die psychische Thätigkeit ist lebhafter nach dem Ausruhen während der Nacht. In dieser Weise werden die erwähnten Vorgänge beeinflusst, und sowohl die Herabsetzung der CO_2 -Abgabe in der Nacht wie die Steigerung derselben um 8^h bis 12^h Vormittags, welche Schwankungen übrigens sehr geringfügig wären, können ohne Zuhülfnahme eines neuen unbekanntem Factors erklärt werden.

Nach Tigerstedt¹ beträgt die Arbeit der linken Kammer bei jeder Systole 102.6 bis 205.2 gmet und diejenige der rechten Kammer 40.8 bis 81.6 gmet . Meine Pulsfrequenz bei vollständiger Muskelruhe ist im Mittel 56. Die vom Herzen in 1 Stunde geleistete Arbeit beträgt also 482 bis 964 kgmet . Fick² schätzt die Arbeit der Inspirationsmuskeln bei einer Erweiterung des Brustkorbes um 600 ccm auf 567 kgmet , bei Annahme von 900 Athemzügen in 1 Stunde. Wenn wir einen Athemzug zu 500 ccm anschlagen, erhalten wir 472 kgmet . Die Herzthätigkeit und die Inspirationsarbeit betragen also in 1 Stunde 954 bis 1436 kgmet . Tigerstedt und Sondén³ haben bei Versuchen mit Fick's Dynamo-

¹ *Lehrbuch der Physiologie des Kreislaufes.* S. 153.

² Fick, *Medicinische Physik.* S. 224 (1885).

³ *Dieses Archiv.* Bd. VI, S. 201 (1895).

meter gefunden, dass eine äussere Arbeit von 1 kgmet eine Zunahme der CO_2 -Abgabe von 0.00368 g bewirkt. Wenn wir dasselbe Verhältniss zwischen Arbeit und CO_2 -Abgabe annehmen, würde die Arbeit der Herzthätigkeit und der Inspirationsmuskeln in 1 Stunde 3.5 bis 5.3 g CO_2 entsprechen. Hierzu kommt noch die Menge, welche der Arbeit der Exspirationsmuskeln, den Schluckbewegungen und dem Muskeltonus entspricht. Der Unterschied zwischen CO_2 -Abgabe in der Nacht und während des Tages beträgt bei meinen Versuchen 1.5 g. (Tabelle V).

Schwankungen dieser Grösse in der CO_2 -Abgabe liegen innerhalb des Bereiches der oben erwähnten Arten von Muskelthätigkeit.

Dieser Ueberschlag kann selbstverständlich nur eine annähernde Vorstellung geben. Es fehlt uns noch an genauen Bestimmungen, um den mechanischen Effect der erwähnten Arten von Muskelthätigkeit und das Verhältniss zwischen der Muskelarbeit und dem Energieumsatz im Körper zu berechnen. Ich verhehle mir auch nicht, dass in der oben angeführten Auseinandersetzung eine Lücke sich vorfindet.

Ich habe nämlich nicht direct dargelegt, dass Herzthätigkeit, Athembewegungen und Muskeltonus von dem psychischen Zustande in derjenigen Weise beeinflusst werden, wie ich oben vorausgesetzt habe. Nach allem, was wir über den Einfluss des psychischen Zustandes auf die genannten Vorgänge wissen, sind diese Voraussetzungen jedenfalls sehr wahrscheinlich. Ich habe nur erstens den Betrag der Tagesschwankungen in der CO_2 -Abgabe bei möglichst vollständiger Ausschliessung der Muskelthätigkeit feststellen, zweitens die Möglichkeit nachweisen wollen, jene geringfügigen Schwankungen zu erklären, ohne Zuhilfenahme eines besonderen Factors. Meiner Ansicht nach sind die Tagesschwankungen des Stoffwechsels durch den Wechsel des Thätigkeitszustandes und durch die Einwirkungen der Aussenwelt begründet. Könnte man also den Organismus unter unveränderten äusseren Verhältnissen beobachten, so würde man auch die Tagesschwankungen des Stoffwechsels vermissen. Dieser Zustand kann aber nur annäherungsweise zu Stande gebracht werden.

Herr Professor Zuntz hat mir die Liebenswürdigkeit erwiesen, die Ergebnisse von zwei Ruheversuchen zu meiner Verfügung zu stellen, von denen der eine hier in Stockholm, der andere in Berlin ausgeführt wurde.

Versuch 21. Sept. 1897, 9^h Vorm. bis 1^h Nachm.

Am Abend vorher 6^h bis 7^h reichliche Mahlzeit, 9^h bis 10^h 0.8 Liter Bier; früh 7¹/₂^h 200 ccm Wasser.

CO₂-Abgabe: 9^h bis 11^h Vorm. 41.1 g } 0.304 g per Stunde und Kilo
 11^h bis 1^h Nachm. 43.5 g } Körpergewicht.
 N-Ausscheidung: 4.1 g in 5 Stunden
 Körpergewicht: 69.5 kg.

Versuch 1. October 1897.

30. Sept. Abend 6^h reichliche Mahlzeit.

1. October nüchtern von 9^h 8' bis 1^h 52'. In 4 Stunden 44 Min. 390^{cem} Urin von 1015 spec. Gew. mit 2.75 g N; stündlich 0.58 g N. Körpergewicht am Schluss des Versuches 69.45 kg.

Bequeme Ruhelage, entschieden ruhiger als in Stockholm, von 10^h 30' bis 11^h 50'.

Resp.-Vers. I von 10^h 56' bis 11^h 7¹/₂'; pr. Min. geathmet 4783^{cem} = 4402^{cem} (0^o und 760^{mm}). In der Expirationsluft 3.88 Proc. CO₂, 16.27 Proc. O; 79.85 Proc. N, also 3.85 Proc. CO₂ gebildet, 4.87 Proc. O verbraucht; pr. Min. 1695^{cem} CO₂ und 2144^{cem} O. Resp.-Quot. = 0.79; pr. Stunde 10170^{cem} = **19.99 g** CO₂.

Resp.-Vers. II von 11^h 29' bis 11^h 49¹/₂'. Pr. Minute geathmet 4449^{cem} = 4093^{cem} (0^o und 760^{mm}); darin 4.09 Proc. CO₂; 15.79 Proc. O, 80.12 Proc. N, also 4.06 Proc. CO₂ gebildet; 5.42 Proc. O verbraucht, pr. Minute **166.2^{cem}** CO₂; **221.8^{cem}** O; 0.75 R.-Q., pr. Stunde 9972^{cem} = **19.59 g** CO₂.

Wenn man aus N, O₂ und CO₂ den Energieumsatz berechnet, ergeben die Versuche:

I. 1.010 Cal. pr. Minute

II. 1.022 „ „

Als Mittel der CO₂-Abgabe pr. Stunde und Kilo Körpergewicht geben die beiden Versuche 0.285 g.

V.

Eine Vergleichung des Gaswechsels im Schläfe mit demjenigen bei vollständiger Muskelruhe im wachen Zustande hat meines Wissens erst A. Löwy¹ angestellt. Er fand bei einem Individuum pro Minute einen O-Verbrauch von 209.7^{cem} im wachen Zustande und 204.6^{cem} im Schläfe, und bei einem anderen 256.7 resp. 240.3^{cem}. Den grösseren Abfall im letzteren Falle bezieht Löwy auf eine Abnahme der Frequenz und Athemgrösse. Aus diesen Beobachtungen schliesst Löwy, dass der Schlaf an sich keinen specifischen Einfluss auf den Ablauf der Oxydationsprocesse im Organismus ausübt. Bei dem oben erwähnten Versuche von M.-Levy sinkt die CO₂-Abgabe beim Eintritt des Schlafes von 153^{cem} in 1 Min. bis 139^{cem}. Magnus-Levy

¹ *Berl. kl. Wochenschr.* 1891. Nr. 18.

erklärt „die Differenz aus der geringeren Lungenventilation und dem Fortfallen gelegentlicher kleiner, im wachen Zustand vielleicht doch nicht ganz zu vermeidender Bewegungen. Ob im tiefen Schlaf eine weitere Abnahme der Umsetzungen stattfindet, ist fraglich, aber nach den Erfahrungen Löwy's jedenfalls in erheblicherem Masse unwahrscheinlich.“

Ich habe an mir selbst einige Versuche über die CO_2 -Abgabe im Schlafe während Perioden von 2 bis 6 Stdn. angestellt. Die Versuche, deren Ergebnisse in Tabelle VI (s. S. 114) mitgetheilt werden, wurden 12 Stdn. nach der letzten Mahlzeit angefangen. Um zu controliren, wie tief und ruhig der Schlaf während des Versuches war, wurde jedes Erwachen durch Druck auf einen elektrischen Contact, welcher ohne besondere Bewegung zugänglich war, auf einem rotirenden Cylinder signalisirt. Es stellte sich heraus, dass ich im allgemeinen 1 Mal in 1 Stunde wachte, einige Mal noch öfter.¹ Mit Ausnahme des erwähnten Signals wurden Bewegungen möglichst vermieden, bis ich wieder einschlief. Werden diejenigen Versuchsperioden in Tabelle VI ausgeschlossen, während welcher ich nur wenig schlief oder bei zufälligem Erwachen nicht vollkommen ruhig verblieb, erhält man als Mittel $42.36 \text{ } \text{CO}_2$ in 2 Stunden, also $21.18 \text{ } \text{CO}_2$ in 1 Stunde. Dieser Werth übersteigt um $1.2 \text{ } \text{CO}_2$ den bei den obigen Ruheversuchen in der Periode 12^{h} Nachts bis 8^{h} Morgens erhaltenen, stimmt aber gut mit demjenigen — $21.45 \text{ } \text{CO}_2$ —, welchen ich bei vollständiger Muskelruhe in der Periode 8^{h} Morgens bis 4^{h} Nachmittags gefunden habe. Bei den letzteren Versuchen war Schlaf ganz ausgeschlossen. Bei den Ruheversuchen in der Nacht kam dagegen wenigstens Halbschlummer vor. Man könnte sich nun vorstellen, dass die Bewegungen beim Signalisiren des Erwachens die etwaige Herabsetzung der CO_2 -Abgabe während des Schlafes compensirt haben. Die Zwischenperioden oder die Perioden der „gewöhnlichen Bettruhe“ haben als Mittel für die Nachtstunden 12^{h} Nachts bis 8^{h} Morgens $23.29 \text{ } \text{CO}_2$ gegeben. Während jeder dieser Perioden wurde 2 Mal die elektrische Lampe in Betrieb gesetzt, die Temperatur im Rectum gemessen, die Pulsfrequenz bestimmt und erforderliche Noten im Versuchsprotocolle gemacht. Alle diese Bewegungen haben eine Steigerung um $3.3 \text{ } \text{CO}_2$ im Mittel bewirkt. Nehmen wir an, dass das Drücken auf den elektrischen Contact 1 bis 2 Mal in 1 Stunde eine Steigerung der CO_2 -Abgabe bewirkt hat, welche ein Drittel der erwähnten Steigerung

¹ Ich habe mehrmals bemerkt, dass ich beim Hunger nicht so ruhig wie gewöhnlich schlafe.

Tabelle VI.

Versuch	CO ₂ ε						CO ₂ in 6 Stunden	Temperatur im Zimmer
	Nachts 12—	1—	2—	3—	4—	5—		
I. 30. März	21.1	42.5	43.1	41.2*	128.0		19.0—17.5°	
II. 11. April				41.2*	123.6	* Von 6—8 ^h Morgens	16.6°	
III. 10. Sept.		40.0	44.9	43.1	128.0		17.0—17.2°	
IV. 12. "		42.4	42.7	42.2	127.3		17.3—17.4°	
V. 16. "		42.8	[46.5*]	42.7	132.0	* Nur wenig geschlafen	18.0—18.1°	
VI. 22. "		[47.0]	46.0	48.7]	[141.7]	Nur wenig geschlafen	19.4—18.8°	
VII. 29. "				[45.7*]	127.1	* Nur wenig geschlafen	17.3—17.0°	
XVII. 10. Oct.		81.4	42.6*		129.6	* Nur wenig geschlafen	18.4—17.3°	
Mittel für 2 Stdn. aus 14 Einzelbeobachtungen)				42.36				
Mittlere Abweichung				±1.17				

Tabelle VII.

1. CO ₂ -Abgabe in 1 Stunde	Mittlere Ab- weichung	CO ₂ -Abgabe pro Stunde und Kilo Körpergew.	Mittel aus Beobachtungen an 9 Individuen * Nur eine Beobachtung. * Versuch an J. A. Mittel aus 4. und 5. Hunger- tage, 12 ^h Nachts bis 6 ^h Morgens Hysterischer Schlaf 12 ^h Nachts bis 6 ^h Morgens Schlaf 12 ^h Nachts bis 6 ^h Morgens [Volständige Muskelruhe im wachen Zustande, 12 ^h Nachts bis 8 ^h Morgens	Lewin ¹ Tigerstedt u. Sonden ² Magnus-Ley ³ Tigerstedt ⁴ Tigerstedt ⁵ Johansson Johansson Smith ⁶ Smith ⁶	Dauer der Beobach- tungs- periode
1. 26.5 ⁵	3.0 ⁶	0.348			8 Stdn.
2. 22.8	7.08	0.339			6 "
3. 16.44	—*	0.291			23 Min.
4. 18.1	2.1	0.286			6 Stdn.
5. 14.1	3.4	0.286			6 "
6. 21.18	1.86	0.290			2—6 "
7. 19.95	5.1	0.273			6 "
8. 22.9	—	0.258			15 Min.
9. 19.2	—	0.217			15 "

¹ *Ztschr. f. Biologie*, Bd. XVII, S. 71 (1881).² *Diesses Archiv*, Bd. VI, S. 146 (1895).³ *Arch. f. d. ges. Phys.*, Bd. XLV, S. 35 (1893).⁴ *Diesses Archiv*, Bd. VII, S. 72 (1896).⁵ *Nord. Med. Ark. Festband*, Nr. 37 (1897).⁶ *Phil. Trans.*, Bd. CII, 2, S. 709 (1859).

beträgt — eine Schätzung, die jedenfalls zu hoch ist — so erhalten wir keinen niedrigeren Werth als 20·08 g, was nicht geringer ist als der gefundene Werth 19·95 g. Der letztere Werth wäre möglicher Weise in Betracht dessen, dass Schlaf einige Mal, wenn auch nur kurz-dauernd sich eingestellt hat, als etwas niedrig zu betrachten. Jedenfalls kann man aber die CO₂-Abgabe während der Nacht nicht höher anschlagen als während der Tagesperiode 4^h Nachmittags bis 12^h Nachts. Der für die letztgenannte Periode gefundene Werth 20·75 g ist von Schlaf nicht beeinflusst. Nach diesem Ueberschlage kann die CO₂-Abgabe im Schlafe nicht geringer sein als bei vollständiger Muskelruhe im wachen Zustande.

Wie aus der Tab. VII (S. 114) hervorgeht, stimmen die Werthe der CO₂-Abgabe, welche ich bei meinen Schlafversuchen gefunden habe, ganz gut mit denjenigen, welche beim Hungerversuche an J. A. beobachtet wurden. Die Versuchsperson J. A. selbst hat angegeben, dass am 4. Hungertag „der Schlaf sehr gut und ruhig“ war und am 5. „gut mit einigen kurzen Unterbrechungen“. Die CO₂-Abgabe während der beiden Nächte erwies nur einen sehr geringen Unterschied, und jedenfalls war dieselbe nicht höher während der letzteren trotz der Unterbrechungen des Schlafes. Durch die Ergebnisse der oben angeführten Versuche kann man es als bewiesen ansehen, dass der Schlaf die CO₂-Abgabe nicht im höheren Grade herabsetzt als das vollständige Ausschliessen der willkürlichen Muskelbewegungen.

In Tab. VII habe ich die verschiedenen Werthe, welche man für die CO₂-Abgabe im Schlafe gefunden hat, zusammengestellt. Leider habe ich nicht die von Löwy mitnehmen können, da er nur die O₂-Abgabe mitgetheilt hat. Auch finde ich keine Angaben über die Dauer der Beobachtungsperioden bei seinen Versuchen.

Wie aus jener Zusammenstellung hervorgeht, ist der bei meinen Versuchen erhaltene Werth niedriger als die, welche Lewin 1., Tigerstedt und Sondén 2. beobachtet haben, stimmt dagegen sehr gut mit der Beobachtung von Magnus-Lewy 3. und mit denjenigen Werthen, welche Tigerstedt beim Hungerversuche an J. A. 4. und bei einer Person in hysterischem Schlafe 5. gefunden hat. Die niedrigen Werthe, welche Smith 8., 9. beobachtet hat, sind wohl als nur ausnahmsweise vorkommend zu bezeichnen. Ich habe einmal den Werth 18·2 g CO₂ in 1 Stunde, was 0·249 pro Kilo Körpergewicht entspricht, beobachtet und zwar bei vollständiger Muskelruhe im wachen Zustande (Vers. XXIII, Tab. IV).

Dass der Werth 2. höher als die folgenden 3., 4., 5., 6. ist, ist wahrscheinlich dadurch begründet, dass die betreffenden Versuchspersonen

sonen nur 5 bis 6 Stunden vor der Schlafperiode gefastet hatten und weiter dadurch, dass sie an den Aufenthalt im Respirationszimmer nicht gewöhnt waren und in Folge dessen wahrscheinlich nicht so ruhig geschlafen haben oder jedenfalls bei zufälligem Erwachen vollkommene Muskelruhe nicht eingehalten haben. Aus der obigen Zusammenstellung geht hervor, dass man als Mittelwerth der CO_2 -Abgabe im Schlafe beim Hunger 0.29 g CO_2 in 1 Stunde pro Kilo Körpergewicht annehmen kann.

Die mittlere Abweichung der Einzelbeobachtungen beträgt bei meinen Schlafversuchen 1.86 Proc. und beim Hungerversuche an J. A. 2.1 Proc.

Bei vollständiger Muskelruhe im wachen Zustande habe ich in keiner Versuchsreihe so niedrige Abweichungen erreicht. Wenn man also den Einfluss eines Variabels — z. B. den Einfluss von verschiedenen Jahreszeiten, Klima u. s. w. — feststellen will, dürfte es sich am besten eignen, den Gaswechsel bei den betreffenden Individuen im Schlafe zu bestimmen.

VI.

Bei vollständiger Muskelruhe beträgt, wie oben erwähnt, die mittlere CO_2 -Abgabe pro Stunde während des ganzen Tages 20.72 g . Die mittlere Abweichung der einzelnen Beobachtungen, aus denen jenes Mittel erhalten ist, beträgt $\pm 1.057 \text{ g}$. Die Versuchsreihe October-November 1896 hatte als Mittel 22.2 g und als mittlere Abweichung $\pm 0.93 \text{ g}$ gegeben. Der Unterschied zwischen den Ergebnissen der beiden Versuchsreihen fällt kaum innerhalb der Grenzen der Versuchsfehler. Derselbe ist wahrscheinlich dadurch begründet, dass bei der Versuchsreihe October-November 1896 die Versuchsperson sitzende Stellung einnahm, bei der anderen Versuchsreihe dagegen im Bette lag. Der Ungleichheit der beiden Körperstellungen entspricht also eine Differenz um 1.5 g in der CO_2 -Abgabe, welche wahrscheinlich durch eine Vermehrung der Respirationsarbeit in sitzender Stellung verursacht wird.

Dass ein Unterschied betreffs der CO_2 -Abgabe in liegender und sitzender Körperstellung möglicherweise stattfindet, hatte ich bei der Versuchsreihe März bis Mai 1895¹ die Gelegenheit zu beobachten. Bei ruhigem Liegen im Bette wurde damals als Mittel aus 10 Versuchen 10.7 g CO_2 in $\frac{1}{2}$ Stunde, d. h. 21.4 g in 1 Stunde erhalten. Diese Versuche wurden während des Vormittags ausgeführt

¹ *Dieses Archiv.* Bd. VII, S. 172 (1897).

und das Ergebniss derselben stimmt offenbar vollkommen mit dem Werthe — 21.45 ‰ —, welchen die 2 Jahre später angestellten Versuche als Mittel für die Tagesperiode 8^h Morgens bis 4^h Nachmittags gegeben haben. Während der Kälteperiode bei jenen Versuchen wurde als Mittel 23.2 ‰ CO_2 in 1 Stunde erhalten. Der Unterschied zwischen den Mittelwerthen für die Kälteperiode und die vorhergehende betrug also 1.8 ‰ CO_2 . Bei der Kälteperiode wurde dieselbe Körperstellung eingenommen, wie bei den Versuchen October-November 1896. Berücksichtigt man die Differenz — 1.5 ‰ — in Bezug auf die CO_2 -Abgabe, welche die zwei in verschiedenen Körperstellungen ausgeführten Versuchsreihen erwiesen haben, so lässt sich die erwähnte Vermehrung der CO_2 -Abgabe während der Kälteperiode gut erklären, ohne einen Einfluss der Abkühlung auf die CO_2 -Abgabe anzunehmen.

Aus der Uebereinstimmung, welche die oben angeführten Versuchsreihen erwiesen haben, geht auch hervor, dass der Stoffwechsel bei einem Individuum mehrere Jahre hindurch denselben Betrag fortbehält, ein Verhalten, auf welches schon Magnus-Levy¹ und Tigerstedt² aufmerksam gemacht haben. Jene Uebereinstimmung erweist auch die Zuverlässigkeit der von mir angewendeten Versuchsanordnung, die verschiedenen Versuchsperioden auf mehrere Tage zu verteilen. Sonst hat man im allgemeinen gesucht, die verschiedenen Versuchsperioden, welche den verschiedenen Versuchsbedingungen entsprechen, möglichst unmittelbar auf einander folgen zu lassen. Meines Erachtens lassen sich störende Einflüsse, besonders solche, welche einen constanten Fehler der Einzelbeobachtungen herbeiführen können, manchmal besser durch das erstere Verfahren ausschliessen. Bei diesem Verfahren muss man nicht nur das Mittel, sondern auch die Grenzen, innerhalb welcher die Einzelbeobachtungen schwanken, berücksichtigen. Die beste Uebersicht in dieser Beziehung erhält man, wenn man die mittlere Abweichung nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Ich habe schon diese Berechnungen angeführt. Um aber meine Versuchsreihen mit denen von Tigerstedt und Sondén vergleichen zu können, theile ich hier als mittlere Abweichung ganz einfach das Mittel der procentuellen Abweichungen der Einzelbeobachtungen mit.

In Tabelle VIII habe ich einige Werthe der CO_2 -Abgabe, welche von verschiedenen Beobachtern bei vollständiger Muskelruhe und bei gewöhnlichem Verhalten beobachtet worden sind. Meine Werthe 1.

¹ *Arch. f. d. ges. Phys.* Bd. LV, S. 23 (1893).

² *Dieses Archiv.* Bd. VI, S. 116 (1895).

Tabelle VIII.

		CO ₂ -Abgabe in 1 Stunde im wachen Zustande	Mittlere Abweichung der Einzelbeobachtungen in Proc. vom Mittel	CO ₂ -Abgabe pro Stunde und Kilo Körpergewicht	Beobachter	
1.	Vollständige Muskelruhe im Bette; Mittel für 24 Stunden	20.72	4.0	0.283	Johansson	
2.	Vollständige Muskelruhe, sitzende Körperstellung; Mittel für 24 Stunden	22.2	3.1	0.304	Johansson	
3.	Vollständige Muskelruhe {	Vers. 21./IX. 1897	21.15	—	0.302	Zuntz
4.		Vers. 1./X. 1897	19.79	—	0.285	Zuntz
5.	Gewöhnliche Bettruhe; Mittel für 24 Stunden	24.94	4.9	0.341	Johansson	
6.	Vollständ. Muskelruhe, liegend; 9 ^h 35' Vorm. bis 7 ^h 21' Vorm.	19.34	4.8	0.342	{ Magnus-Levy ¹	
7.	Vollständ. Muskelruhe, „Nüchternwerthe“	19.87	4.4	0.351	{ Magnus-Levy ¹	
8.	9 ruhig stillsitzende Personen 10 ^h Vorm. bis 3 ^h Nachm. . .	31.2	6.19	0.467	{ Tigerstedt u. Sondén ²	
9.	5 Personen, keine körperliche Arbeit verrichtend; Mittel für den wachen und nüchternen Zustand	32.2	7.5	0.446	{ Tigerstedt u. Sondén ²	
10.	Versuch an J. A. { Mittel für den wachen Zustand {	am 1. Hungertage . . .	33.0	6.2	0.492	{ Tigerstedt u. Sondén ²
11.		am 4. und 5. Hungertage	28.6	7.3	0.451	{ Tigerstedt u. Sondén ³

und 2. stimmen vollkommen mit den von Prof. Zuntz gefundenen 3. und 4. Die von Magnus-Levy an der Versuchsperson W. beobachteten sind nicht unerheblich grösser. Dieselben stimmen dagegen mit dem Werthe, welchen ich bei gewöhnlicher Bettruhe gefunden. Auch wenn man die betreffenden Werthe auf 1 ^{qm} Körperoberfläche bezieht, sind die Werthe von Magnus-Levy höher als die meinigen. Bei den Hungerversuchen an Cetti und Breithaupt wurde die CO₂-Abgabe

¹ *Arch. f. d. ges. Phys.* Bd. LV, S. 24 und 35 (1893).

² *Dieses Archiv.* Bd. VI, S. 113 und 139 (1896).

³ *Dieses Archiv.* Bd. VII, S. 71 (1897).

auch bei möglichst vollständiger Körperruhe bestimmt. Die aus diesen Bestimmungen hergeleiteten Mittel sind von derselben Grösse, wie die Werthe von Magnus-Levy, 0.366 bezw. 0.338.

Ich kann nicht umhin, die Vermuthung auszusprechen, dass, um wirkliche Ruhewerthe der CO_2 -Abgabe zu erhalten, d. h. solche, welche thatsächlich einem Minimum von Muskelthätigkeit entsprechen, ein psychisches Moment nothwendig ist. Eine nicht unbeträchtliche Selbstbeherrschung ist erforderlich, um die höchstmögliche Muskelentspannung zu erreichen. Dies ist möglich nur für Personen, welche sich der Bedeutung des betreffenden Versuches bewusst sind und ein wirkliches Interesse dafür haben.

Wenn diese Vermuthung richtig ist, so werden auch die Schwankungen der CO_2 -Abgabe in verschiedenen Tagesperioden, welche bei meinen oben erwähnten Versuchen beobachtet wurden, leicht erklärlich: Die erforderliche psychische Einstellung ist leichter zu erreichen, je weniger man von der Umgebung beeinflusst wird, am besten also in der Nacht.

Von dem erwähnten Gesichtspunkte aus können wir den Zustand, welchem die von Prof. Zuntz und mir erhaltenen Werthe der CO_2 -Abgabe 1., 2., 3., 4. entsprechen, als vorsätzliche Muskelruhe bezeichnen. Die Werthe 5., 6., 7. beziehen sich auf gewöhnliche Muskelruhe, wobei sich das betreffende Versuchsindividuum möglichst unbeweglich hält, ohne seine Aufmerksamkeit auf die Muskelentspannung zu richten. Die Werthe 8., 9., 10., 11. zeigen die CO_2 -Abgabe bei gewöhnlichem Verhalten, wenn man keine körperliche Arbeit zu verrichten hat. Der Wert 8. unterscheidet sich von den übrigen dadurch, dass die betreffenden Personen nicht im nüchternen Zustande waren.

Bei der gewöhnlichen Abwechslung von Ruhe und Bewegungen, mit welchen keine eigentliche äussere Arbeit beabsichtigt wird, beträgt, wie aus der obigen Zusammenstellung hervorgeht, die CO_2 -Abgabe wenigstens 0.450* pro Stunde und Kilo Körpergewicht. Wenn dieser Betrag zu 100 gesetzt wird, erhalten wir für „gewöhnliche Muskelruhe“ etwa 77 und für „vorsätzliche Muskelruhe“ etwa 66.

Die mittleren Abweichungen vom Mittel in den verschiedenen Versuchsreihen bieten auch etwas Charakteristisches dar. Bei der Abwechslung von Ruhe und Bewegungen beträgt dieselbe 6 bis 7 Procent, bei den Ruheversuchen 3 bis 5 Procent und im Schlafe etwa 2 Procent.

VII.
Tabelle IX.

Versuch		N-Abgabe			Summe
		12 ^h Mittags bis 6 ^h Nachm.	6 ^h Nachm. bis 12 ^h Nachts	12 ^h Nachts bis 6 ^h Vorm.	
A:		g	g	g	g
XI.	25. April	3.39	3.00	2.56	8.95
III.	10. Sept.	—	—	2.81	—
IV.	12. „	—	—	2.59	—
V.	16. „	—	—	2.93	—
VI.	22. „	—	—	2.63	—
VII.	29. „	—	—	2.79	—
XV.	3. Oct.	3.47	2.94	2.86	9.27
XVI.	10. „	—	—	2.84	—
Mittel		3.43	2.97	2.75	9.11
Mittlere Abweichung		—	—	±0.14	—
Procente		—	—	5.0	—
		6 ^h Nachm. bis 12 ^h Nachts	12 ^h Nachts bis 6 ^h Vorm.	6 ^h Vorm. bis 12 ^h Mittags	Summe
B:		g	g	g	g
VIII.	13. April	—	[3.24]	[3.80]	—
IX.	21. „	—	[3.67]	[3.90]	—
XVIII.	17. Oct.	4.55	3.52	3.48	11.55
XXI.	24. „	3.60	2.96	2.86	9.42
XXIII.	31. „	3.93	3.22	3.19	10.34
XXVI.	14. Nov.	3.57	3.10	3.21	9.88
Mittel		3.91	3.20	3.18	10.30
Mittlere Abweichung		—	±0.24	±0.25	—
Procente		—	7.4	8.0	—
		12 ^h Nachts bis 6 ^h Vorm.	6 ^h Vorm. bis 12 ^h Mittags	12 ^h Mittags bis 6 ^h Nachm.	Summe
C:		g	g	g	g
X.	22. April	[4.00]	[3.76]	[3.50]	[11.26]
XIX.	19. Oct.	3.23	3.16	3.26	9.65
XXII.	29. „	3.42	2.93	3.23	9.58
XXIV.	2. Nov.	3.02	2.87	3.04	8.93
XXV.	5. „	3.22	2.95	3.11	9.28
Mittel		3.22	2.98	3.16	9.36
Mittlere Abweichung		±0.16	±0.11	±0.10	—
Procente		4.0	3.7	3.2	—

Tabelle IX (Fortsetzung).

Versuch		N-Abgabe			Summe
		6 ^h Vorm. bis 12 ^h Mittags	12 ^h Mittags bis 6 ^h Nachm.	6 ^h Nachm. bis 12 ^h Nachts	
<i>D:</i>		g	g	g	g
XII.	28. April	—	—	2.34	—
XIII.	1. Mai	—	—	2.88	—
XVII.	14. Oct.	4.65	2.97	2.93	10.55
XX.	22. „	3.48	2.97	2.44	8.89
Mittel		4.06	2.97	2.65	9.72
Mittlere Abweichung		—	—	±0.30	—
Procente		—	—	11.3	—

In Tabelle IX wird die N-Abgabe während der Respirationsversuche und für einige Fälle auch während der zwei sechsstündigen Perioden, welche zwischen der letzten Mahlzeit und dem Respirationsversuche lagen, mitgetheilt. Die Stickstoffbestimmungen wurden nach der Kjeldahl'schen Methode ausgeführt.

In der Gruppe *A* werden alle Nachtversuche zusammengestellt, sowohl die Schlafversuche wie diejenigen „vollständiger Muskelruhe“. Die Ergebnisse der einzelnen Versuche stimmen mit einander sehr gut. Die mittlere Abweichung beträgt nur $\pm 0.14\%$ N, was 5 Procent vom Mittel entspricht. Innerhalb der Perioden *B* und *C* finden wir einige Werthe — bei Versuch VIII, IX und X — welche in erheblichem Grade von den anderen abweichen. Die Versuchsanordnung war bei diesen Versuchen etwas abweichend, wie oben erwähnt wurde, und ich habe daher bei der Berechnung des Mittels diese Werthe ausgeschlossen.

Die den verschiedenen Versuchsperioden entsprechenden Mittel werden in Tabelle X zusammengestellt und zwar theils nach der Tageszeit, theils nach dem Zeitabstande von der letzten Mahlzeit.

Tabelle X.

Zeit nach der letzten Mahlzeit	N ^g in 6 Stunden			
	12 ^h Nachts bis 6 ^h Vorm.	6 ^h Vorm. bis 12 ^h Mittags	12 ^h Mittags bis 6 ^h Nachm.	6 ^h Nachm. bis 12 ^h Nachts
0—6 Stunden	3.22	4.06	3.43	3.91
6—12 „	3.20	2.98	2.97	2.97
12—18 „	2.75	3.18	3.16	2.65

Wenn wir die Werthe, welche den Respirationsversuchen entsprechen, mit einander vergleichen, so finden wir eine Vermehrung der N-Abgabe während der Tagesperioden 6^h Morgens bis 12^h Mittag und 12^h Mittag bis 6^h Nachmittag. Man könnte vielleicht dieses Verhalten zum Beweis einer Periodicität des Stoffwechsels, welche von äusseren Einflüssen unabhängig wäre, anführen. Wir werden aber bald finden, dass der betreffende Unterschied zwischen den verschiedenen Tageszeiten sich viel einfacher in einer anderen Weise erklären lässt. Wie aus den Untersuchungen von Rosemann¹ und auch aus dem oben mehrmals erwähnten Hungerversuche an J. A. hervorgeht, übt die Abwechselung von Thätigkeit und Ruhe einen sehr deutlichen Einfluss auf den Verlauf der N-Ausscheidung aus. Besonders hat es sich erwiesen, dass der Uebergang von der Bettruhe während der Nacht zu den gewöhnlichen Beschäftigungen während des Tages eine Steigerung herbeiführt, welche nicht sofort, sondern erst nach 2 bis 3 Stunden eintritt. Den hohen Werth der N-Ausscheidung in den beiden erwähnten Perioden können wir in dieser Weise erklären. Während der Vormittagsversuche kommt die Wirkung von der Unterbrechung der Bettruhe um 4^h bis 5^h zum Vorschein, während der Nachmittagsversuche tritt die Wirkung des Aufstehens um 9^h bis 10^h Vormittags hervor. Vor den Nachmittags- und den Nachtversuchen war ich mehrere Stunden hindurch in gewöhnlicher Thätigkeit gewesen. Betreffs der Nachmittagsversuche, 12^h Mittags bis 6^h Nachmittags, verdient bemerkt zu werden, dass die Harnmenge immer sehr gross war, 700 bis 800 ^{cem}. Dieses Verhalten war nicht von vorhergehendem Wassertrinken verursacht. Auch die Salivation war während dieser Versuche vermehrt.

Die Reihe derjenigen Werthe, welche sich auf die Perioden unmittelbar vor den Respirationsversuchen, also 6 bis 12 Stunden nach der letzten Mahlzeit beziehen, ist sehr gleichmässig. Man findet hier keine Steigerung entsprechend derjenigen der erwähnten Reihe. Während der Periode 6^h Vormittags bis 12^h Mittags trifft zwar das steigernde Moment ein, die Wirkung desselben kommt aber erst während der Periode 12^h Mittags bis 6^h Nachmittags zum Vorschein, welche in der oben erwähnten Reihe besprochen wurde. Vor den Perioden 12^h Mittags bis 6^h Nachmittags und 6^h Nachmittags bis 12^h Nachts war ich schon mehrere Stunden hindurch in Thätigkeit gewesen. Der Werth der Nachtperiode in dieser Reihe ist etwas höher, was damit zusammenhängt, dass die von der Unterbrechung der Bettruhe herrührende

¹ *Arch. f. d. ges. Phys.* Bd. LXV, S. 343 (1896).

Steigerung zum Theil schon während dieser Periode zum Vorschein kommt.

In der ersten Reihe, welche die Perioden unmittelbar nach der letzten Mahlzeit umfasst, finden wir den niedrigsten Werth in der Nachtperiode, was natürlicher Weise zu erwarten war.

Die Schwankungen, welche ich bei meinen Respirationsversuchen betreffs der Stickstoffausscheidung beobachtet habe, lassen sich also auf den wechselnden Thätigkeitszustand vor dem Versuche beziehen.

Aus denselben darf man also nicht schliessen, dass die Eiweissumsetzung während der Versuche mit den verschiedenen Tageszeiten geschwankt hat. Betreffs des thatsächlichen Eiweisszerfalles während der verschiedenen Versuchsperioden geben also die erhaltenen Werthe streng genommen keinen zuverlässigen Aufschluss.

Für die CO_2 -Abgabe wurde oben ein Mittel gegeben, welches sich auf den Stoffwechsel bei vollständiger Muskelruhe bezieht. Um ein entsprechendes Mittel für die N-Ausscheidung zu erhalten, welches also den Eiweisszerfall bei vollständiger Muskelruhe angiebt, muss man längere Versuchsperioden nehmen — 24 Stunden —, denen eine Fasten- und Ruheperiode von 12 Stunden vorausgehen muss. Ich habe einen solchen Versuch ausgeführt, d. h. es wurde nicht vollständige Muskelruhe 24 Stunden hindurch eingehalten, sondern nur während aller drei Stunden. Dazwischen fand gewöhnliche Bettruhe statt. Der Versuch wurde am 4. und 5. April ausgeführt. Die N-Ausscheidung betrug 10.0^{g} in 24 Stunden. Dieser Werth entspricht zwar nicht vollständiger Muskelruhe, kann aber als ein Grenzwert angesehen werden, den die wirkliche N-Ausscheidung bei vollständiger Muskelruhe in nüchternem Zustande nicht übersteigen dürfte.

Von den bei meinen sechsstündigen Respirationsversuchen erhaltenen Werthen der N-Ausscheidung sind, wie oben gezeigt wurde, diejenigen, welche sich auf die Nacht- und Abendversuche — 12^{h} Nachts bis 6^{h} Morgens und 6^{h} Nachmittags bis 12^{h} Nachts — beziehen, am wenigsten von störenden Factoren beeinflusst. Das Mittel aus sämtlichen diesen Werthen beträgt 2.72^{g} N, mit einer mittleren Abweichung von ± 0.20 , was 10.88^{g} N in 24 Stunden entspricht. Dieser Werth stimmt mit demjenigen überein, welchen der eben erwähnte Versuch gegeben hat.

Ich will nun diese Werthe mit denjenigen, welche man unter entsprechenden Verhältnissen an anderen Versuchspersonen gefunden hat, vergleichen.

Tabelle XI.

Beobachter	N-Ausscheidung in 24 Stunden pro Kilo Körper- gewicht.	Versuchsperson
	g	
Tigerstedt	0·125	Hysterische Frau
Rosemann	0·139	Selbstversuch
Johansson	0·137	Selbstversuch (4.—5. April 1897)
Johansson	0·149	{ Selbstversuch (Mittel aus den Respirationsversuchen)
Magnus-Levy	0·162	Versuchsperson W.
Munk u. Müller	0·168	Breithaupt am 2. Hungertage
Luciani	0·178	Succi „
Tigerstedt	0·195	J. A. „
Munk u. Müller	0·226	Cetti „

Meine Werthe stimmen zunächst mit demjenigen von Rosemann gefundenen. Die bei den Hungerversuchen an Succi, Cetti, Breithaupt und J. A. gefundenen sind nicht unbeträchtlich höher. Der Unterschied kann nicht durch Schwankungen in der N-Ausscheidung mit Fäces erklärt werden, da die ganze N-Ausscheidung mit Fäces höchstens 0·008^g pro Tag und Kilo Körpergewicht beträgt. Rosemann giebt an, dass er während des betreffenden Hungertages sich bewegt hat wie gewöhnlich. Man kann also jenen Unterschied nicht auf einen verschiedenen Thätigkeitszustand beziehen. Im Gegentheil erweist es sich bei der Vergleichung meiner Werthe mit denjenigen von Rosemann, dass die gewöhnlichen Muskelbewegungen einen sehr geringen Einfluss auf den Eiweisszerfall haben müssen. Der Unterschied der N-Ausscheidung während der verschiedenen Tagesperioden, welche wir oben gefunden haben, muss also hauptsächlich ein Secretions-Vorgang sein.

Von dieser Voraussetzung ausgehend, nehme ich bei den folgenden Berechnungen des Energieumsatzes an, dass die Werthe der N-Ausscheidung, welche die den Gruppen B und C angehörenden Versuche gegeben haben, um 14 Proc. zu hoch sind.

Was die hervorgehobenen individuellen Schwankungen der N-Ausscheidung bedingt, muss zur Zeit dahingestellt bleiben.

VIII.

In Tabelle XII werden die Werthe des ganzen Energieumsatzes pro Stunde und Kilo Körpergewicht zusammengestellt. Diese Werthe sind unter der Annahme berechnet worden, dass bei den betreffenden

Versuchen (Fasten wenigstens seit 12 Stunden) nur Fett und Eiweiss zersetzt worden ist.¹

In Folge dessen sind die Werthe zwar etwas zu hoch, aber doch unter einander vergleichbar.

Tabelle XII.

		Cal. pr. Stunde und Kilo Körpergewicht	Beobachter
1.	Vollständige Muskelruhe (Selbstversuch)	{ 0.904 (872) ² } { 0.888 }	Zuntz Vers. 1./X. 1898
2.	Vollständige Muskelruhe (Selbstversuch)	0.905	Johansson
3.	Hysterischer Schlaf	1.028	Tigerstedt
4.	Gewöhnliche Bettruhe (Selbstversuch)	1.098	Johansson
5.	Vollständige Muskelruhe (Versuchsperson W.)	1.096	Magnus-Levy

Die angeführten Werthe bestätigen die Angabe Tigerstedt's³, dass der Minimalbedarf eines erwachsenen Menschen pro 24 Stunden und Körperkilo etwa 24 bis 25 W.-E., d. h. pro 1 Stunde und 1 kg etwa 1 W.-E., beträgt. Bei „vorsätzlicher Muskelruhe“ erreicht zwar der Energieumsatz nicht 1 Cal. pro Stunde und Körperkilo; betreffs gewöhnlicher Muskelruhe aber, welche eine besondere „psychische Einstellung“ nicht erheischt, ist jene Angabe zutreffend.

In Tabelle XIII ist bei den einzelnen Versuchen der während des ganzen Respirationsversuches stattgefundenen Energieumsatz mitgetheilt worden. In Bezug auf die N-Ausscheidung ist die oben erwähnte Correction ausgeführt. (S. 124). Es geht aus dieser Zusammenstellung hervor, dass der Energieumsatz während der Tagesperioden 6^h Morgens bis 12^h Mittags, 12^h Mittags bis 6^h Nachmittags und 6^h Nachmittags bis 12^h Nachts fast denselben Betrag erreicht. In der

¹ 1^g N im Harn entspricht 24.9 Cal. und 9.57^g CO₂ ausgeathmet; 1^g CO₂ aus Fett entspricht 3.35 Cal.

² Der in Klammern angeführte Werth ist von Prof. Zuntz berechnet. Da bei dieser Berechnung auch eine Umsetzung von Kohlehydraten berücksichtigt worden ist, ist dieser Werth nicht direct mit den meinigen vergleichbar.

³ Nord. Med. Arkiv. Festband. Nr. 37 (1897).

Tabelle XIII.

Versuch		In der letzten Mahlzeit ¹		Energieumsatz während des Respi- rationsversuches
		Cal.	N	
A:	Letzte Mahlzeit 12 ^h Mitt.		g	
XI.	25. April	—	—	418
III.	10. September	—	—	408
IV.	12. „	—	—	405
V.	16. „	1108	8·7	411
VI.	22. „	1028	7·7	[455]
VII.	29. „	960	7·6	405
XV.	3. October	1100	8·6	401
XVI.	10. „	1280	8·7	412
Mittel		—	—	408
B:	Letzte Mahlzeit 6 ^h Nachm.			
VIII.	13. April	—	—	436
IX.	21. „	—	—	468
XVIII.	17. October	982	8·3	466
XXI.	24. „	1008	7·6	421
XXIII.	31. „	1117	7·5	433
XXVI.	14. November	—	—	450
Mittel		—	—	446
C:	Letzte Mahlzeit 12 ^h Nachts			
X.	22. April	—	—	449
XIV.	4. Mai	—	—	437
XIX.	19. October	1333	7·6	[498]
XXII.	29. „	1030	4·5	—
XXIV.	2. November	1140	6·9	452
XXV.	5. „	990	5·8	464
Mittel		—	—	450
D:	Letzte Mahlzeit 6 ^h Morgens			
XII.	28. April	—	—	448
XIII.	1. Mai	—	—	430
XVII.	14. October	988	7·6	455
XX.	22. „	877	5·5	441
Mittel		—	—	443

¹ Nach Abzug von 8 Procent (Rubner).

Nacht finden wir dagegen eine deutliche Herabsetzung. Dieser Unterschied, welcher im Mittel 38 Cal. beträgt, ist, wie aus der Tabelle IV (s. S. 106) hervorgeht, durch das Verhalten des Stoffwechsels während der „Zwischenperioden“ oder „der Perioden gewöhnlicher Bettruhe“ bedingt. Wenn wir nämlich die ganze sechsstündige Versuchsperiode berücksichtigen, so war die Muskelruhe vollständiger bei den Nachtversuchen, weil bei diesen die Zwischenperioden grösstentheils auch Schlafperioden waren. Wie aus der Tabelle V hervorgeht, beträgt der Unterschied zwischen der CO_2 -Abgabe während der „Ruheperioden“ und während der „Zwischenperioden“ im Mittel 3·3^g in der Nacht und 4·4 bis 5^g während des Tages.

Wie wir weiter unten sehen werden (Tabelle XVIa), hielt sich die Körpertemperatur bei denjenigen Versuchen, welche in den Tagesabschnitten 12^h Mittag bis 12^h Nachts ausgeführt wurden, fast unverändert, nachdem die unmittelbare Senkung am Anfang der Bettruhe vorüber war. Wir können also annehmen, dass der bei diesen Versuchen gefundene Energieumsatz — im Mittel 446 Cal. in 6 Stunden oder 1·018 Cal. pro 1 Stunde und 1^{kg} Körpergewicht — der Wärmeabgabe des Körpers entspricht.

Nehmen wir nun weiter an, dass die Wärmeabgabe vom Körper derselben Grösse ist bei Ruheperioden und Zwischenperioden und während der verschiedenen Tagesabschnitte, so muss die Körpertemperatur abnehmen, sobald die Wärmeproduction unter den genannten Werth hinabsinkt, und zwar etwa 0·1° für eine Abnahme der Wärmeproduction um 6·2 Cal. oder der CO_2 -Abgabe um 1·8^g. Bei den Nachtversuchen würde also die Körpertemperatur um etwa 0·6° abnehmen. Wie wir sehen werden, erweist die Temperatur im Rectum eine Senkung um 0·4° während der Nachtversuche. Die Abwechslung der Ruhe- und Zwischenperioden würde unter derselben Annahme Schwankungen um etwa 0·2° in der Körpertemperatur herbeiführen. Im gewöhnlichen Zustande, wo keine äussere Arbeit verrichtet wird, ist, wie oben erwähnt, die CO_2 -Abgabe um die Hälfte grösser als bei vollständiger Muskelruhe. Die Wärmeabgabe muss also in jenem Zustande grösser sein als in diesem. Wenn ganz plötzlich die Muskelthätigkeit ausgeschlossen wird, muss eine Abnahme der Körpertemperatur stattfinden, bis die Wärmeabgabe sich auf den neuen Stand eingestellt hat. Nehmen wir an, dass dies etwa 1 Stunde erheischt, so würde in dieser Zeit eine Abnahme der CO_2 -Abgabe von 30^g bis 20^g eine Temperatursenkung um etwa 0·5° herbeiführen. Wir wollen jetzt nachsehen, in wie weit die thatsächlichen Verhältnisse diesen Voraussetzungen entsprechen.

IX.

In Tabelle XIV wird die Temperatur im Rectum beim Beginn und Ende der zweistündigen Versuche October-November 1896 mitgeteilt. Bei allen Versuchen sinkt die Temperatur während der Muskelruhe. Die Herabsetzung beträgt im Mittel 0.6° C., schwankt aber bei den verschiedenen Versuchen. Diese Schwankungen scheinen von der jedesmaligen Temperatur im Respirationszimmer nicht abhängig zu sein. Dagegen ist der Einfluss der Anfangstemperatur unverkennbar. Wenn die Temperatur im Rectum am Anfang hoch ist, wie z. B. beim

Tabelle XIV (vergleiche Tabelle III).

Zeit	Temperatur im Rectum		Temperatur-senkung während des Versuches	Temperatur in der Respirations-kammer	Vor dem Versuche
	am Anfang des Versuches	am Ende des Versuches			
6—8 ^h Vorm.	36.6	36.0	0.6	17.2	{Stand um 5 ^h 15' auf; ging nach dem Laboratorium
8—10 ^h „	36.9	36.2	0.7	16.5	{Stand um 7 ^h 15' auf; ging nach dem Laboratorium
10—12 ^h „	36.9	36.2	0.7	18.1	Im Laboratorium seit 9 ^h
12—2 ^h Nachm.	36.7	36.1	0.6	17.6	Im Laboratorium seit 9 ^h
2—4 ^h „	37.4	36.5	0.9	21.1	{Spaziergang in der Stadt 11—1 ^h ; seit 1 ^h im Laboratorium
4—6 ^h „	37.1	36.5	0.6	20.5	Im Laboratorium seit 3 ^h 30'
6—8 ^h „	36.9	36.5	0.4	19.4	{Im Laboratorium ruhend seit 4 ^h
8—10 ^h „	37.0	36.4	0.6	18.7	Im Laboratorium seit 2 ^h
10—12 ^h „	37.0	36.1	0.9	19.4	Im Laboratorium seit 9 ^h 15'
12—2 ^h Vorm.	36.6	36.0	0.6	18.1	Im Laboratorium seit 10 ^h
2—4 ^h „	36.2	35.8	0.4	21.1	{Im Laboratorium seit 10 ^h ; Schlaf seit 11 ^h 30'
4—6 ^h „	36.3	36.0	0.3	17.7	{Stand um 3 ^h auf; ging nach dem Laboratorium. Um 5 ^h wurde der Versuch unterbrochen und einige Muskelbewegungen ausgeführt

Versuch XI, ist der Temperaturfall während des Versuches beträchtlicher, und umgekehrt, wenn die Temperatur schon vor dem Versuche einen niedrigen Stand hat, wie z. B. bei Versuch X.

Am leichtesten lässt sich die betreffende Temperatur-Abnahme mit dem Unterschiede zwischen der CO_2 -Abgabe vor und während des Versuches in Zusammenhang bringen.

Oben wurde eine Temperatursenkung um etwa 0.5° für 1 Stunde berechnet unter derjenigen Voraussetzung, dass die CO_2 -Abgabe vor der Muskelruhe etwa 30^s und während derselben etwa 20^s beträgt. Für die meisten der in Tabelle XIV mitgetheilten Versuche trifft auch diese Voraussetzung zu. Die Temperatursenkung während 2 Stunden muss selbstverständlich grösser sein als während 1 Stunde. Es muss doch bemerkt werden, dass die unmittelbare Wirkung von der Ausschliessung der Muskelbewegungen betreffs der Körpertemperatur schon in 1 bis $1\frac{1}{2}$ Stunde vorüber ist. Dann bleibt, wie aus der Tabelle XVIa hervorgeht, die Temperatur unverändert oder sinkt nur sehr langsam. Die Wärmeabgabe hat sich augenscheinlich auf einen niedrigeren Stand eingestellt. Die bei den meisten Versuchen beobachtete Temperatursenkung um 0.6° in 2 Stunden lässt sich daher gut mit jenem berechneten Werthe in Einklang bringen. Beim Versuch XI finden wir eine grosse Temperatursenkung, nämlich 0.9° . Vor dem Versuche machte ich einen Spaziergang, und demzufolge war die Temperatur und selbstverständlich auch die CO_2 -Abgabe grösser als vor den anderen Versuchen. Die Abnahme der CO_2 -Abgabe ist in diesem Falle also grösser als gewöhnlich, und auf diese Weise wird auch die grössere Temperatursenkung erklärlich. Umgekehrt war jener Unterschied der CO_2 -Abgabe geringer bei den Versuchen XII und X, welchen ein mehrstündiger Schlaf vorhergegangen war. Die beträchtliche Temperatursenkung bei Versuch V lässt sich nicht einfach durch den Unterschied der CO_2 -Abgabe vor und während des Versuches erklären. In diesem Falle muss die Wärmeabgabe in irgend einer Weise vermehrt worden sein.

Es geht aus den angeführten Versuchen hervor, dass der Gang der Körpertemperatur in erheblichem Grade von dem Wegfall derjenigen Muskelbewegungen beeinflusst wird, welche wir im gewöhnlichen täglichen Leben ausführen, auch wenn wir keine äussere Arbeit verrichten. Die Temperatur des Körpers sinkt und zwar in einer Weise, welche der Herabsetzung der CO_2 -Abgabe entspricht.

Ich habe schon hervorgehoben, dass bei den Versuchen von Jürgensen und Jäger über das Verhalten der Körpertemperatur bei im Bette liegenden Personen Schwankungen der Muskelthätigkeit stattgefunden

haben, obschon man dieselben bei der Deutung der Versuchsergebnisse nicht berücksichtigt hat. Eine Vorstellung von der Bedeutung dieser Schwankungen giebt der Unterschied in Bezug auf CO_2 -Abgabe, welche ich bei meinen Schlafversuchen einerseits und während der Perioden „gewöhnlicher Bettruhe“ bei den sechsständigen Versuchen andererseits gefunden habe. Offenbar können auch bei im Bette liegenden Personen so grosse Schwankungen der Muskelthätigkeit stattfinden, dass man die beobachteten Schwankungen der Körpertemperatur in dieser Weise erklären kann, ohne eine besondere und von bekannten Einflüssen unabhängige Periodicität derselben anzunehmen.

Vor den oben erörterten sechsständigen Versuchen hatte ich einen Versuch an mir selbst angeordnet, um zu untersuchen, ob man auch während einer mehrständigen Bettruhe die Körpertemperatur dadurch beeinflussen kann, dass man von Zeit zu Zeit vollständige Muskelruhe einhält. Der Versuch wurde mit der Genehmigung des Herrn Professor Edgren im Krankenhaus „Serafimenlasarettet“ ausgeführt. Dr. Bruhn-Fähraeus untersuchte gleichzeitig die Schwankungen in der Zahl der weissen Blutkörperchen, welche Untersuchungen er schon veröffentlicht hat.¹ In Tabelle XV wird das Versuchsprotokoll mitgetheilt.

Am Anfang des Versuches finden wir dieselbe Abnahme der Temperatur, welche wir bei den eben erwähnten Versuchen gefunden haben. In Folge eines vorhergehenden Spazierganges ist die Senkung sehr beträchtlich, $1\text{-}0^\circ$. Während der Nacht bleibt die Temperatur fast unverändert. Am Morgen findet beim Aufwachen eine Steigerung um $0\text{-}3^\circ$ statt, welche während der folgenden Ruheperiode zurückgeht. Ob diese Steigerung einer Vermehrung des Stoffwechsels entspricht, lasse ich zur Zeit dahingestellt sein. Während des Tages steigt die Temperatur in den Perioden gewöhnlicher Bettruhe und fällt, sobald vollständige Muskelruhe eintritt. Diese Temperatursenkungen sind doch nicht hinreichend, um die vorhergehenden Steigerungen zu compensiren. Bei der gewöhnlichen Bettruhe liegt man bekanntlich nie absolut unbeweglich. Man wechselt Lage und macht es sich so bequem wie möglich. Ich habe mich auch bei diesem Versuche ganz sicher mehr bewegt, als während der Zwischenperioden bei den sechsständigen Versuchen. Einmal, um 2^h Nachmittags, las ich die Zeitung, was selbstverständlich mit Bewegungen von den Armen verbunden war. Dazu kommt, dass ich bei den Entnahmen der Blutproben, welche mit einer Zwischenzeit

¹ Nord. Med. Arkiv. 1897.

Tabelle XV.

Versuch 3. bis 5. April 1897. Letzte Mahlzeit 5^h Nachmittags am 3. April, von 9^h bis 10^h Spaziergang.

Zeit	Temperatur im Rectum	Puls- frequenz		Temperatur- änderung während der Muskelruhe
	Grad			Grad
10 ^h 30' Nachm.	37·45	58	Im Bette	—
12 ^h Nachts	36·45	56	{ Vollständige Muskelruhe seit 11 ^h }	-1·0
2 ^h Vormittags	36·40	57	{ Schlaf; wurde alle 2 Stun- den geweckt, um die Tem- peratur und Pulsfrequenz zu bestimmen }	-0·04
4 ^h „	36·40	58		
6 ^h „	36·41	57		
8 ^h „	36·70	63	{ Der Schlaf wurde um 7 ^h 45' durch Geräusch im Corridor abgebrochen }	—
9 ^h „	36·37	56	Vollständige Muskelruhe	-0·33
10 ^h „	36·48	55	—	—
11 ^h „	36·68	55	—	—
12 ^h Mittags	36·56	55	Vollständige Muskelruhe	-0·12
1 ^h Nachmittags	36·71	57	{ Eine Zeitung gelesen }	—
2 ^h 30' „	36·89	58		
3 ^h 30' „	36·61	55	Vollständige Muskelruhe	-0·28
5 ^h „	36·70	55	—	—
6 ^h „	36·53	52	Vollständige Muskelruhe	-0·17
7 ^h „	36·78	55	—	—
8 ^h „	36·82	56	—	—
9 ^h 15' „	36·72	53	Vollständige Muskelruhe	-0·10
10 ^h „	36·75	57	—	—
11 ^h „	36·64	54	—	—
12 ^h Nachts	36·61	52	Vollständige Muskelruhe	-0·03
2 ^h Vormittags	36·50	54	{ Schlaf }	-0·14
4 ^h „	36·51	58		
6 ^h „	36·36	58		
8 ^h „	36·70	61	{ Erweckt vom Geräusch im Corridor }	—
9 ^h „	36·62	58	Vollständige Muskelruhe	-0·08
Tagesmittel	36·58			

von 2 Stunden stattfanden, gestört wurde. Man kann also annehmen, dass die CO_2 -Abgabe während der Perioden gewöhnlicher Bettruhe bei diesem Versuche wenigstens ebenso gross wie bei den sechsstündigen Versuchen gewesen ist. Man hat auch keinen Grund, eine Ungleichheit betreffs der CO_2 -Abgabe während der vollständigen Muskelruhe anzunehmen. Ich kann also den Unterschied der CO_2 -Abgabe während der Zwischenperioden und während der Perioden vollständiger Muskelruhe wenigstens zu 5% CO_2 anschlagen, was die beobachteten Temperaturschwankungen zur Genüge erklärt.

Andererseits aber bin ich überzeugt, dass die von mir geleistete Muskelthätigkeit nicht beträchtlicher gewesen ist, als die bei den von Jürgensen und Jäger untersuchten Individuen. Besonders befeissigte ich mich darum so wenig wie möglich zu sprechen.

Die Ergebnisse dieses Versuches haben, wie es scheint, meine Vermuthung bestätigt, dass auch bei gewöhnlicher Bettruhe längerer Dauer eine vollständige Ausschliessung von Muskelbewegungen eine Senkung der Körpertemperatur bewirkt. Hierdurch ist auch der Beweis geliefert, dass diejenigen Tagesschwankungen der Körpertemperatur, welche Jürgensen und Jäger bei im Bette liegenden Personen beobachtet haben, in der That durch Schwankungen der Muskelthätigkeit erklärt werden können. „Die Unmöglichkeit, die Tagesschwankungen aus den bekannten Einflüssen zu erklären,“ dürfte also, wie mir scheint, nicht weiter als ein feststehender Lehrsatz gelten.

Wir wollen jetzt das Verhalten der Körpertemperatur bei den sechsstündigen Versuchen erörtern und zwar in zwei verschiedenen Weisen. Erstens folgen wir in Tabelle XVIa (S. 134 u. 135) dem Gang der Temperatur bei den einzelnen Versuchen von Stunde zu Stunde.¹ Zweitens wollen wir die Ergebnisse der verschiedenen Versuchsgruppen mit einander vergleichen.

Wir finden am Anfang der Bettruhe eine sehr deutliche Temperatursenkung. Es ist dieselbe Senkung, welche wir schon bei den oben erörterten zweistündigen Ruheversuchen gesehen haben. Nach 1 bis 2 Stunden ist diese unmittelbare Wirkung von dem Wegfall der Muskelbewegungen vorüber. Meistens ist dieser Zustand schon beim Beginn der Respirationsversuche erreicht. Eine Ausnahme machen nur die letzten Versuche der Gruppen C und D, indem ich vor diesen Versuchen nur während $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde Bettruhe beobachtet hatte.

¹ Diejenigen Temperaturwerthe, welche sich auf Bestimmungen nach einer Periode vollständiger Muskelruhe beziehen, sind mit fetten Druck ausgezeichnet.

In Bezug auf den Gang der Temperatur nach der ersten Senkung stimmen die einzelnen Versuche innerhalb jeder der vier Gruppen gut mit einander überein. Der Unterschied zwischen den einzelnen Beobachtungen, welche derselben Tageszeit entsprechen, beträgt höchstens: 0.1° innerhalb der Gruppe *A*; 0.4° in *B*; 0.2° in *C* und 0.3° in *D*. Die ziemlich grossen Unterschiede innerhalb der Gruppe *B* wollen wir weiter unten besprechen.

Da die Körpertemperatur denselben Verlauf bei sämtlichen Versuchen einer Gruppe zeigt, halte ich es für berechtigt, zuerst bei jedem Versuche Stundenmittel zu nehmen und dann aus sämtlichen derselben Tagesstunde entsprechenden Werthen je ein Mittel zu berechnen. Die Reihe der in dieser Weise erhaltenen Werthe stellt den mittleren Gang der Körpertemperatur während der verschiedenen Tagesabschnitte dar.

In Bezug auf den Gang der Körpertemperatur während des Verlaufes der Respirationsversuche findet sich ein Unterschied zwischen den vier Versuchsgruppen vor: Bei den Nachtversuchen — Gruppe *A* — sinkt die Körpertemperatur, bei den Morgenversuchen — Gruppe *B* — steigt dieselbe, und bei den übrigen Versuchsgruppen ändert sich die Temperatur nur sehr wenig. Alles in allem zeigt also die Körpertemperatur bei meinen Versuchen den gewöhnlichen Typus der Tagesschwankungen. Nur sind die Schwankungen von geringem Umfange. Wenn wir die einzelnen Versuchsgruppen als Glieder einer fortlaufenden Reihe betrachten (Tab. XVII, S. 137, vergl. auch die Curve auf S. 142), finden wir einen fast continuirlichen Uebergang von der Gruppe *A* zu *B* und auch von *D* zu *A*. Dagegen ist ein Sprung zwischen den letzten Temperaturwerthen der Gruppe *B* und den ersten der Gruppe *C* zu bemerken. Dasselbe ist auch, obwohl weniger ausgeprägt, der Fall bei den Gruppen *C* und *D*.

Die Ursache, auf welche wir die jetzt erwähnten Temperaturschwankungen beziehen können, sind theils Schwankungen des Stoffwechsels, theils Schwankungen der Wärmeabgabe. Es wurde schon oben hervorgehoben, dass der Energieumsatz bei den Versuchsgruppen *B*, *C* und *D* etwa denselben Betrag ergibt. Bei den Nachtversuchen haben wir dagegen einen geringeren Betrag desselben gefunden. Der Unterschied, im Mittel 38 Cal. in 6 Stdn., ist hinreichend, um den niedrigeren Stand der Körpertemperatur während der Nacht zu erklären. Bei den Versuchen *C* und *D* scheint der Betrag des Energieumsatzes hinreichend zu sein, um den Wärmeverlust des Körpers zu ersetzen, da die Körpertemperatur bei diesen Versuchen nur sehr wenig sinkt. Bei den Versuchen *B* finden wir dagegen mit derselben Grösse des Energieumsatzes eine Steigerung der

Tabelle XVI b.

Versuch		Temperatur im Respirationszimmer						Aenderung der Temperatur
		Nachts			Vorm.			
		12	1	2	3	4	5	6
<i>A:</i>								
XI.	25. April	16.3	16.2	16.0	15.9	15.9	16.7	-0.4
XV.	3. Oct.	16.2	16.0	15.9	15.8	15.6	15.5	-0.7
XVI.	10. „	18.4	18.1	17.8	17.6	17.5	17.3	-1.1
Mittel		17.0	16.8	16.6	16.4	16.3	16.5	
<i>B:</i>								
		Vorm.			Mittags			
		6	7	8	9	10	11	12
VIII.	13. April	15.5	16.3	17.6	18.8	19.8	20.6	+5.1
IX.	21. „	15.5	16.0	16.1	16.5	16.6	16.7	+1.2
XVIII.	17. Oct.	17.0	17.2	17.5	17.6	17.7	17.7	+0.7
XXI.	24. „	15.8	16.0	16.3	16.7	16.8	16.9	+1.1
XXIII.	31. „	14.7	14.7	14.7	14.7	15.0	15.5	+0.8
XXVI.	14. Nov.	17.7	17.6	17.5	17.6	18.1	18.6	+0.9
Mittel		16.0	16.3	16.6	17.0	17.3	17.7	
<i>C:</i>								
		Mittags			Nachm.			
		12	1	2	3	4	5	6
X.	22. April	20.0	19.8	19.1	18.6	18.2	17.8	-2.2
XIV.	4. Mai	20.4	20.5	20.6	20.7	20.7	20.7	+0.3
XIX.	19. Oct.	18.6	18.7	18.7	18.8	18.8	18.8	+0.2
XXII.	29. „	15.7	15.8	15.9	16.0	—	—	+0.3
XXIV.	2. Nov.	15.5	15.7	15.8	15.9	16.0	16.0	+0.5
XXV.	5. „	14.7	14.9	15.0	15.2	15.4	15.5	+0.8
Mittel		17.5	17.6	17.5	17.5	17.8	17.8	
<i>D:</i>								
		Nachm.			Nachts			
		6	7	8	9	10	11	12
XII.	28. April	19.4	19.6	19.6	19.6	19.6	19.7	-0.3
XIII.	1. Mai	19.6	19.6	19.6	19.5	19.5	19.4	-0.2
XVII.	14. Oct.	19.3	19.1	18.8	18.7	18.4	18.0	-1.3
XX.	22. „	17.4	17.8	17.8	17.8	17.8	17.7	+0.3
Mittel		18.9	19.0	18.6	18.9	18.8	18.7	

Tabelle XVII.

Zeit	CO ₂ -Abgabe in 1 Stunde	Temperatur im Rectum Stundenmittel	Temperatur im Zimmer Stundenmittel
12—1 ^h Nachts	21·9	36·50	17·0
1—2 ^h Morgens		36·39	16·8
2—3 ^h „	21·3	36·33	16·6
3—4 ^h „		36·26	16·4
4—5 ^h „	21·1	36·18	16·3
5—6 ^h „		36·19	16·5
6—7 ^h „	22·1	36·21	16·0
7—8 ^h „		36·21	16·3
8—9 ^h „	24·5	36·23	16·6
9—10 ^h „		36·31	17·0
10—11 ^h „	23·3	36·42	17·3
11—12 ^h Mittags		36·48	17·7
12—1 ^h Nachm.	23·9	[36·65]	17·5
1—2 ^h „		36·60	17·6
2—3 ^h „	24·7	36·53	17·5
3—4 ^h „		36·52	17·5
4—5 ^h „	23·2	36·55	17·8
5—6 ^h „		36·56	17·8
6—7 ^h „	24·4	36·62	18·9
7—8 ^h „		36·61	19·0
8—9 ^h „	23·3	36·61	18·6
9—10 ^h „		36·59	18·9
10—11 ^h „	21·5	36·54	18·8
11—12 ^h Nachts		36·52	18·7

Körpertemperatur. Diese findet sogar statt während der Perioden vollständiger Muskelruhe. Wir müssen in diesen Fällen eine Verminderung des Wärmeverlustes annehmen. Wie aus der Tabelle XVIb hervorgeht, findet gleichzeitig eine Zunahme der Zimmertemperatur statt. Ob diese in der That eine hinreichende Verminderung des Wärmeverlustes bewirken kann, muss zur Zeit dahingestellt werden. Die Versuche XXI und XXVI sind beide in derselben Weise angeordnet; die Zimmertemperatur weist aber einen beträchtlichen Unterschied nach. Dennoch finden wir übereinstimmende Werthe für die Körpertemperatur. Andererseits finden wir innerhalb der Gruppen C und D, dass diejenigen Versuche, welche bei niedriger Zimmertemperatur ausgeführt worden sind, auch niedrigere Werthe der Körpertemperatur darbieten. Ich war mir natürlicherweise der grossen Schwierigkeiten bewusst, welche die Schwankungen der Zimmertemperatur bei der Deutung der Versuchsergebnisse verursachen mussten, es war aber unmöglich, die Zimmertemperatur zu beherrschen. Die Wirkung, welche die Schwankungen der Zimmertemperatur ausüben können, geht offenbar in derselben Richtung wie die etwaigen Tagesschwankungen der Körpertemperatur (Tabelle XVII). Die letzteren können also durch die Schwankungen der Zimmertemperatur nicht unterdrückt worden sein.

Was ist also von den sogenannten Tagesschwankungen bei meinen Versuchen zu sehen? Die Temperaturabnahme bei den Nachtversuchen können wir durch die Verminderung des Stoffwechsels im Zusammenhang mit der auch während der sogenannten Zwischenperioden stattfindenden Ausschliessung der Muskelbewegungen erklären. Während der Perioden 12^h Mittags bis 6^h Nachmittags und 6^h Nachmittags bis 12^h Nachts finden wir nach der unmittelbaren Wirkung der eintretenden Muskelruhe keine weiteren Schwankungen der Körpertemperatur. Es erübrigt nur die Steigerung, welche wir bei den Versuchen 6^h Morgens bis 12^h Mittags gefunden haben. Bei einigen Versuchen beträgt diese Steigerung 0.4° (Tabelle XVIa), bei anderen 0.2° und in einem Falle nur 0.1°. Diese Steigerung ist also ziemlich gering und wechselnd, und doch sind die Verhältnisse sehr begünstigend für das Hervortreten derselben. Die Körpertemperatur befindet sich am Anfang der Versuche auf einer niedrigen Stufe, und die Temperatur der Umgebung steigt im Verlaufe des Versuches.

Wir geben aber zu, dass in der Periode 6^h Morgens bis 12^h Mittags ein Factor sich geltend macht, der die Wärmeabgabe des Körpers herabsetzt. Muss man nothwendig diesen Factor als „von bekannten Einflüssen“ unabhängig betrachten? Mir

scheint es am einfachsten, anzunehmen, dass dieselben störenden Einflüsse, welche die geringe Steigerung der CO_2 -Abgabe gerade während der fraglichen Tagesperiode bewirken, auch den Wärmeverlust des Körpers herabsetzen können. Meiner Ansicht nach sind also sowohl die Schwankungen der CO_2 -Abgabe wie diejenigen der Körpertemperatur, welche bei meinen Versuchen zum Vorschein kommen, auf den Einfluss vom Tageslicht, von zufälligem Geräusche in der Umgebung und von den Schwankungen des psychischen Thätigkeitszustandes zu beziehen. Durch die genannten Factoren werden die Herzthätigkeit, die Weite der Gefässe, die Athembewegungen und der Muskeltonus beeinflusst. Da es aller Wahrscheinlichkeit nach unmöglich ist, für längere Zeitperioden die genannten Functionen von allen störenden Factoren unbeeinflusst zu halten, so ist es trotz allen Bemühungen unmöglich, sowohl die CO_2 -Abgabe wie die Körpertemperatur bei einem unveränderlichen Werthe beizubehalten.

In Tabelle XVII habe ich die Ergebnisse der verschiedenen Versuchsgruppen nach einander geordnet, um in dieser Weise den mittleren Gang der Körpertemperatur für 24 Stunden darzustellen. Ich habe schon hervorgehoben, dass sich ein Sprung vorfindet zwischen den Gruppen *B* und *C* und auch zwischen *C* und *D*. Dieser Sprung erklärt sich dadurch, dass ich vor den Versuchen *C* und *D* nicht hinreichend lange Bettruhe beobachtet hatte. Als mitwirkende Ursache kann auch der Umstand angeführt werden, dass diese Versuche bei höherer Zimmertemperatur ausgeführt worden sind wie die Versuche *A* und *B*. Der mittlere Gang der Körpertemperatur bei meinen Versuchen weist zwar denselben Typus wie die gewöhnlichen Tagesschwankungen nach. Wie aber aus der Tabelle XVII hervorgeht, zeigen auch die störenden Einflüsse gerade denselben Verlauf.

Ich habe durch diese Arbeit darlegen wollen, dass bei den Beobachtungen, welche man an im Bette liegenden Personen gemacht hat, nicht alle Factoren, welche die Körpertemperatur beeinflussen, ausgeschlossen waren. Die Temperaturcurven, welche man bei diesen Versuchen erhalten hat, sind meines Erachtens nicht mehr typisch als jede unter anderen Verhältnissen erhaltene. Der Typus der Temperaturcurve schwankt mit der Lebensweise der betreffenden Individuen, und es hat gar keinen Sinn, einen gemeinsamen Typus hervorconstruiren zu wollen. Eine Zusammenstellung, welche Jäger gemacht hat, zeigt, wie unmöglich es ist, „eine bestimmte Tagesstunde anzugeben, auf welche das absolute Minimum und das absolute Maximum fällt“. Die Steigerungen der Körpertemperatur bei Uebergang von Ruhe zu körperlicher Arbeit, vom Schlafe in wachen Zustand und Senkungen bei

Uebergang in umgekehrter Richtung sind typisch, können aber zu jeder Tageszeit beobachtet werden.

Dass es hauptsächlich der Thätigkeitszustand ist, der die Körpertemperatur und die Schwankungen derselben bestimmt, leuchtet auch ein, wenn man das Tagesmittel und die Schwankungsbreite der Körpertemperatur unter gewöhnlichen Verhältnissen und bei verschiedenen Graden von Muskelruhe vergleicht.

Im allgemeinen zeigt meine Körpertemperatur sehr niedrige Werthe. Dasselbe ist auch der Fall betreffs meiner Pulsfrequenz — im Mittel 55 bei vollständiger Muskelruhe. Bei der Versuchsreihe October-November 1896 bestimmte ich während einiger Tage die Temperatur im Rectum von Stunde zu Stunde mit Ausnahme der Schlafstunden. Aus diesen Messungen berechnete ich das Tagesmittel:

27. October	36.8°
28. „	36.7°
29. „	36.7°
7. November	37.0°
8. „	36.8°
9. „	36.8°
10. „	36.8°.

Der Versuch vom 3. bis 5. April 1897 gab als Tagesmittel 36.58°. Die Beschränkung der Muskelbewegungen hat also das Tagesmittel um mehr als 0.2° herabgesetzt. Noch niedriger ist das Mittel, welches aus den sechsstündigen Respirationsversuchen hergeleitet wird, 36.44°. Beim Versuch vom 3. bis 5. April schwankte die Temperatur zwischen 36.89° und 36.36°, d. h. um 0.53° während 33 Stunden. Die geringste Schwankungsbreite, welche Jäger bei im Bette liegenden Individuen fand, war 0.7°; das Mittel war 1.2°.

Das Compensationsgesetz von Jürgensen kann man mit dem zusammenstellen, was Hultgren und Landergren¹ bei ihren Untersuchungen über die Ernährung bei frei gewählter Kost gefunden haben, nämlich dass der Körper innerhalb Perioden von einigen Tagen die Energiezufuhr mit einer nicht zu verkennenden Regelmässigkeit abpasst. Der tägliche Betrag der mit der Nahrung zugeführten Energie schwankt bei einem Individuum um ein Mittel, welches sich für mehrere auf einander folgende Perioden fast unverändert erweist. Man kann sich gut vorstellen, dass die Muskelthätigkeit dieselbe Regelmässigkeit darbietet. Von der Muskelthätigkeit hängt aber, wie ich nachzuweisen versucht habe, die Körpertemperatur wesentlich ab, und

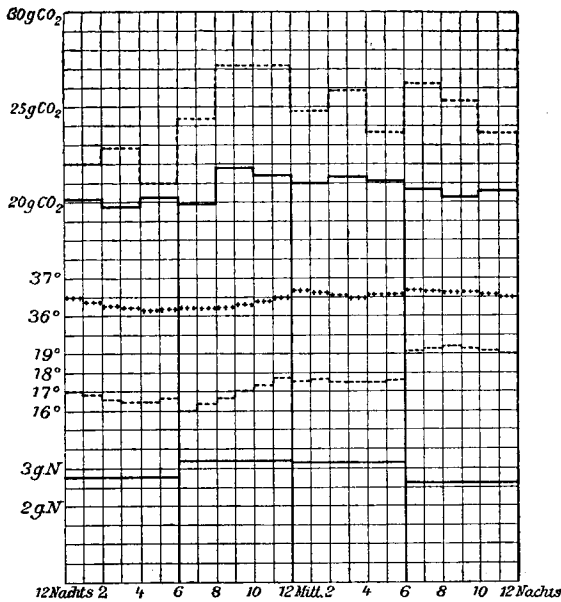
¹ *Hygiea. Festband.* Nr. 11 S. 27 (1889).

Tabelle XVIII.

Versuch		Nachts						Vorm.		Mittel aus den Ruhewerthen
		12	1	2	3	4	5	6		
<i>A:</i>										
XI.	25. April	53	56	53	52	52	54	54	53	
XV.	3. October	60	56	56	55	55	55	55	55	
Mittel										54
<i>B:</i>		Vorm.						Mittags		
		6	7	8	9	10	11	12		
VIII.	13. April	55	56	57	55	56	56	55	56	
IX.	21. „	60	60	60	58	58	59	59	59	
XVIII.	17. October	58	54	54	54	55	56	55	55	
XXI.	24. „	54	57	—	52	57	—	54	53	
XXIII.	31. „	58	—	—	53	57	—	54	53	
XXVI.	14. Nov.	53	52	—	—	52	—	54	53	
XXVII.	22. „	—	—	—	—	—	—	—	—	
Mittel										54
<i>C:</i>		Mittags						Nachm.		
		12	1	2	3	4	5	6		
X.	22. April	65	63	60	61	58	56	57	60	
XIV.	4. Mai	60	58	58	58	57	59	58	58	
XIX.	19. October	60	59	60	60	59	59	57	59	
XXIV.	2. Nov.	60	—	—	51	53	—	51	51	
XXV.	5. „	—	60	—	57	53	—	—	57	
Mittel										57
<i>D:</i>		Nachm.						Nachts		
		6	7	8	9	10	11	12		
XII.	28. April	58	60	59	60	61	59	59	59	
XIII.	1. Mai	54	57	55	57	57	55	56	56	
XVII.	14. October	63	64	62	63	60	61	57	62	
XX.	22. „	55	58	—	53	52	—	55	54	
Mittel										58

das Compensationsgesetz ist nur ein Ausdruck dafür, dass der tägliche Energieumsatz im Körper in derselben Weise um ein Mittel schwankt wie die tägliche Energiezufuhr.

Die Schwankungen sind natürlich durch die wechselnden äusseren Einflüsse bewirkt. Was bedingt aber die Regelmässigkeit, die thatsächliche Compensation? „Die freie Wahl“, was nichts anderes ist, als dass der Organismus sich nach den umgebenden Verhältnissen einrichtet. Durch Selbstbeherrschung kann man die durch „die freie Wahl“ geregelten Vorgänge ändern. Man kann die Nahrungszufuhr ändern, und man kann die Muskelbewegungen bis zu einem gewissen Grade unterdrücken. Diese Zustände sind aber nicht typisch, sondern Extreme.



..... CO₂-Abgabe in 1 Stunde während der Perioden gewöhnlicher Bettruhe.
 ————— CO₂-Abgabe in 1 Stunde während der Perioden der vollständigen Muskelruhe.

+++++ Temperatur im Rectum.
 ----- Temperatur im Respirationszimmer.

————— N-Abgabe in 6 Stunden.

Zum Schlusse theile ich die Ergebnisse der Pulszählungen, welche gleichzeitig mit den Messungen der Temperatur im Rectum ausgeführt wurden mit. (Tabelle XVIII.)

Die Pulsfrequenz sinkt während der Ruheperioden und zeigt im allgemeinen dieselben Schwankungen wie die Körpertemperatur.