

In gewissem Sinne der äusseren Arbeit vergleichbar sind jene inneren Vorgänge, welche sich an die Aufnahme der Nahrung anschliessen. Wir haben sowohl bei Cetti als bei Breithaupt die Wirkung dieser Verdauungsarbeit auf den Gaswechsel geprüft und konnten jedesmal erhebliche Steigerungen der Sauerstoffaufnahme und der Kohlensäureausscheidung als Folge derselben constatiren. Leider haben wir nur Erfahrungen über die Wirkung der Verdauungsarbeit in der Nachperiode des Hungerns, so dass wir nicht entscheiden können, ob der längere Zeit der Nahrung beraubt gewesene Organismus auf die gleiche Zufuhr anders reagirt als der normale. Wenn wir die von uns beobachteten Steigerungen des Gaswechsels in den nächsten Tagen nach Beendigung des Hungerns mit denen vergleichen, welche Magnus-Levy und Zuntz<sup>1)</sup> und der erstere allein in noch nicht veröffentlichten Versuchen an verschiedenen Menschen gefunden haben, erscheint es uns nicht wahrscheinlich, dass die längere vorausgegangene Nahrungsentziehung den Effect einer bestimmten Nahrungsmenge auf die Athmung in einer oder der anderen Richtung beeinflusste. — Wir brauchen wohl kaum hervorzuheben, dass wir unter „Verdauungsarbeit“ alle sich an die Zufuhr von Nahrung anschliessenden Leistungen des Organismus verstehen, also nicht nur die mechanische und secretorische Thätigkeit des Darmkanals, sondern auch die gesteigerte Arbeit des Herzens, den Kraftaufwand, welchen die chemischen Prozesse im Körper, die Glykogen- und Fettbildung u. s. w. erfordern.

### **§ 7. Verbrauch an Körperbestandtheilen und Wärme-production des Hungernden (Lehmann und Zuntz).**

Aus den in Tab. 5 für die Athmung Cetti's gegebenen Daten lässt sich leicht berechnen, wie viel Sauerstoff derselbe in 24 Stunden consumirt und wie viel Kohlensäure er in derselben Zeit producirt haben würde, wenn er sich andauernd so ruhig gehalten hätte, wie während des Respirationsversuchs. Durch Multiplication des in Tab. 5 angegebenen Minutenwerthes mit der Zahl der Minuten des Tages = 1440 ergibt sich der Gaswechsel pro 24 Stunden in Cubikcentimeter

<sup>1)</sup> Magnus-Levy und Zuntz, Pflüger's Archiv. Bd. 49. S. 455.

und weiterhin durch Multiplication dieser Zahl mit dem Gewichte von 1 Liter des betreffenden Gases (Sauerstoff = 1,4303 g, Kohlensäure = 1,9666 g) die entsprechenden Gewichtswerthe. Die Resultate dieser Rechnung sind in Tab. 15 zusammengestellt.

Tabelle 15 (Cetti).

Datum	Leb.- Gew.  kg	Gaswechsel pro 24 Stunden.							
		Volumen 0° 760				Gewicht			
		Summa		pro kg		Summa		pro kg	
		O	CO <sub>2</sub>	O	CO <sub>2</sub>	O	CO <sub>2</sub>	O	CO <sub>2</sub>
		Lit.	Lit.	Lit.	Lit.	g	g	g	g
11. März	57,03	439,0	<u>319,9</u>	7,70	<u>5,61</u>	627,9	<u>629,1</u>	11,01	<u>11,03</u>
12. -	57,00	398,8	<u>288,1</u>	7,00	<u>5,055</u>	570,4	<u>566,6</u>	10,01	<u>9,94</u>
13. -	56,45	373,4	<u>254,5</u>	6,61	<u>4,51</u>	534,1	<u>500,5</u>	9,46	<u>8,87</u>
14. -	55,51	358,1	<u>245,2</u>	6,45	<u>4,42</u>	512,1	<u>482,2</u>	9,23	<u>8,69</u>
15. -	54,45	375,0	<u>243,2</u>	6,89	<u>4,47</u>	536,4	<u>478,3</u>	9,85	<u>8,78</u>
16. -	53,45	360,4	<u>238,8</u>	6,74	<u>4,47</u>	515,5	<u>469,5</u>	9,64	<u>8,78</u>
17. -	52,60	353,8	<u>237,4</u>	6,73	<u>4,51</u>	506,0	<u>466,9</u>	9,62	<u>8,88</u>
18. -	52,35	381,8	<u>255,4</u>	7,29	<u>4,88</u>	546,0	<u>502,2</u>	10,43	<u>9,59</u>
19. -	52,35	395,2	<u>267,6</u>	7,55	<u>5,11</u>	565,3	<u>526,2</u>	10,80	<u>10,05</u>
20. -	51,84	365,4	<u>248,5</u>	7,05	<u>4,79</u>	522,7	<u>488,6</u>	10,08	<u>9,43</u>
21. -	51,24	340,8	<u>228,5</u>	6,65	<u>4,46</u>	487,4	<u>449,4</u>	9,51	<u>8,77</u>
22. -	50,65	340,4	<u>230,4</u>	6,72	<u>4,55</u>	486,9	<u>453,1</u>	9,61	<u>8,95</u>
22. -	50,65	368,3 <sup>1)</sup>	<u>252,3</u>	7,27	<u>4,98</u>	526,8	<u>496,2</u>	10,40	<u>9,80</u>
23. -	51,52	311,8	<u>227,5</u>	6,05	<u>4,42</u>	446,0	<u>447,4</u>	8,66	<u>8,68</u>
23. -	51,52	390,4	<u>276,9</u>	7,58	<u>5,37</u>	558,5	<u>544,4</u>	10,84	<u>10,57</u>
28. -		360,9	<u>275,8</u>	6,48	<u>4,95</u>	516,1	<u>542,3</u>	9,27	<u>9,74</u>
28. -		483,3	<u>358,3</u>	8,68	<u>6,43</u>	691,3	<u>704,6</u>	12,41	<u>12,65</u>
5. April	56,60	390,4	<u>286,7</u>	6,90	<u>5,07</u>	558,4	<u>563,8</u>	9,87	<u>9,96</u>
5. -	56,60	500,8	<u>405,4</u>	8,85	<u>7,16</u>	716,2	<u>797,2</u>	12,65	<u>14,08</u>

Durch Combination mit den Erhebungen von Munk und Müller über die Stickstoffausscheidung in Harn und Koth finden wir so für die ersten 4 Hungertage folgende Grundlagen der Rechnung:

Mittleres Körpergewicht . . = 55,85 kg

Stickstoff in Harn und Koth . = 13,227 g

Sauerstoffaufnahme . . . . = 538,25 -

Kohlensäure . . . . . = 506,90 -

Auf S. 178 sind die Daten nach Rubner gegeben, aus welchen sich die Grösse des Sauerstoffverbrauchs und der Kohlen-

<sup>1)</sup> Die unterstrichenen Zahlen gehören der Zeit der Verdauung an, die zugehörigen Nüchternwerthe stehen unmittelbar darüber.

säureproduction bei der Oxydation der stickstoffhaltigen Leibes-  
substanz berechnen lässt; danach liefern 100 g dieser Substanz  
15,4 g Stickstoff in Harn und Koth und gebrauchen zur Oxy-  
dation 133,61 g Sauerstoff, während sie produciren 143,7 g CO<sub>2</sub>  
und 43,47 g H<sub>2</sub>O.

Auf die von Cetti täglich umgesetzten 13,227 g Stickstoff  
kommt also ein Zerfall von  $\frac{13,227 \cdot 100}{15,4} = 85,89$  g trockenen

Körperfleisches; unter Verbrauch von

$$\frac{133,61 \cdot 13,227}{15,4} = 114,76 \text{ g Sauerstoff}$$

und Bildung von

$$\frac{143,7 \cdot 13,227}{15,4} = 123,42 \text{ g Kohlensäure.}$$

Wenn wir diese Zahlen von den vorstehenden Zahlen der  
Athmung subtrahiren, bleiben

423,49 g Sauerstoff und 383,48 g CO<sub>2</sub>  
für die Oxydation des Körperfettes.

Nun braucht 1 g Fett zu seiner Oxydation 2,876 g O<sub>2</sub> und  
liefert dabei 2,805 g CO<sub>2</sub> (vgl. S. 179).

Demnach berechnet sich die Menge des oxydirten Körper-  
fettes:

$$\begin{aligned} \text{aus dem O-Verbrauch zu } & \frac{423,49}{2,876} = 147,25 \text{ g} \\ \text{- der CO}_2\text{-Bildung - } & \frac{383,48}{2,805} = 136,72 \text{ g.} \end{aligned}$$

Es ist oben bei Erörterung des respiratorischen Quotienten  
ausführlich besprochen worden, dass diese Werthe wegen der  
Aufspeicherung von O<sub>2</sub> nicht übereinstimmen können. Da diese  
Aufspeicherung von Sauerstoff nur während absoluter Körper-  
ruhe stattfindet, um bei Muskelbewegungen alsbald wieder rück-  
gängig zu werden, giebt die CO<sub>2</sub>-Ausscheidung vielleicht den  
Fettverbrauch bei absoluter Ruhe am richtigsten an. Gegen  
die ausschliessliche Verwerthung der so berechneten Zahl spricht  
nur der Umstand, dass der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Expirationsluft in  
höherem Maasse als das Sauerstoffdeficit durch zufällige Schwan-  
kungen der Athemmechanik beeinflusst wird. Solche Schwan-  
kungen kommen bei Cetti kaum, in erheblichem Maasse aber

bei Breithaupt in Betracht. Wir geben deshalb den nach beiden Arten berechneten Fettverbrauch und das Mittel dieser beiden Werthe:

Cetti; Fettverbrauch in g.

	Im Ganzen berechnet aus			pro kg Körpergewicht berechnet aus		
	O-Verbr.	CO <sub>2</sub> -Prod.	Mittel	O-Verbr.	CO <sub>2</sub> -Prod.	Mittel
1.—4. Hungert.	147,25	136,72	141,98	2,636	2,448	2,542
5. u. 6. -	145,23	131,30	138,26	2,739	2,476	2,608
7. u. 8. -	162,38	149,35	156,86	3,102	2,853	2,978
9. u. 10. -	144,01	132,38	138,19	2,794	2,569	2,681

Breithaupt; Fettverbrauch in g.

Mittel d. 6 Tage:	134,90	134,61	134,75	2,333	2,328	2,330
2letzte Hungert.:	114,55	104,05	109,27	2,020	1,835	1,927

Bei Betrachtung vorstehender Zahlen fällt sofort auf, dass der Fettumsatz Cetti's während der ganzen Hungerperiode ein sehr constanter ist. Das Minimum für den 9. und 10. Tag ist nur um 3 g niedriger als das Maximum am 1.—4. Tage. Nur der 7. und 8. Hungertag fallen aus der Reihe, was durch die Kolikschmerzen, d. h. durch die angeregte Arbeit der Darm-musculatur, mit der wohl auch unbewusste Spannungen der quergestreiften Musculatur vergesellschaftet sind, seine genügende Erklärung findet.

Für Breithaupt lässt sich eine analoge Vergleichung der einzelnen Hungerperioden nicht durchführen, weil bei ihm die Oxydation am 2. Hungertage durch das Schnupfenfieber, am 3. und 4. durch die Darmreizung gesteigert ist, so dass eigentlich nur die beiden letzten Tage ein reines Bild des ihm bei Hunger und absoluter Ruhe zukommenden Stoffverbrauchs geben. Dabei fällt zunächst auf, dass die aus dem Sauerstoff und die aus der Kohlensäure berechnete Fettzersetzung an diesen Tagen besonders stark abweichen; es ist in den Versuchsprotocollen angegeben, dass namentlich am 5. Tage die CO<sub>2</sub>-Ausscheidung in Folge vorangegangener forcirter Athmung zu niedrig gefunden wurde. Wir werden daher nur den mittleren bzw. den aus dem Sauerstoffverbrauch berechneten Werth an diesem Tage als gültig anerkennen können. Auch im letzteren Falle zeigt sich noch, dass Breithaupt bei fast gleichem Körpergewicht und

gleichem Eiweissumsatz erheblich weniger Fett oxydirt, während er zugleich auch etwas weniger Eiweiss umsetzt.

Zur Erklärung dieses Unterschiedes ist daran zu denken, dass Cetti bedeutend länger und also schlanker und hagerer als Breithaupt war, demnach bei gleichem Gewicht eine grössere Körperoberfläche hatte, dass derselbe ausserdem aber viel lebhafteren Temperaments und fast beständig in geistig angeregtem Zustande war.

Schliesslich möchten wir noch zur Vervollständigung des Bildes vom Stoffwechsel den Energiewerth der umgesetzten Körpersubstanz in Calorien berechnen, wie dies von Seiten Senator's für 2 Tage bereits in der vorläufigen Mittheilung der Ergebnisse geschehen war. Die damals gegebenen Zahlen sind auf Grund der jetzt vorliegenden definitiven analytischen Daten einigermaassen zu corrigiren; ausserdem liegen inzwischen neue Daten über die Verbrennungswärme der Nährstoffe vor, welche, allerdings nur unbedeutend, von den früher von uns benutzten abweichen. Um die Grösse dieser Abweichungen übersehen zu können, wollen wir die Wärmeproduction des ruhenden Cetti für die ersten 4 Hungertage zunächst in der früher von uns geübten Weise unter Zugrundelegung der Angaben Rubner's<sup>1)</sup> und dann mit Benutzung der auf sorgfältigster Erwägung aller in Betracht kommenden Gesichtspunkte beruhenden von Pflüger<sup>2)</sup> jüngst gelieferten Grundlagen berechnen.

Nach Rubner entspricht 1 g Stickstoff in den Ausscheidungen eines hungernden Thieres 24,94 Cal. also die 13,227 g N, welche Cetti im Mittel der 4 ersten Hungertage lieferte = 329,8 Cal.  
 1 g Fett = 9423 Cal., also 136,7 g Fett = 1288,2 Cal.  
 Wärmeproduction des 55,85 kg wiegenden Mannes = 1619,0 Cal.  
 Wärmeproduction pro kg = 29,0 Cal.

Nach Pflüger ist im Mittel der calorimetrischen Bestimmungen von Rubner einerseits, Stohmann und Langbein andererseits die aus der Verbrennung des fettfreien Fleisches resultirende Wärme = 34,59 Cal. pr. g N; die bei Hunger zerfallende N-haltige Körpersubstanz hat aber nach Rubner die gleiche Zusammensetzung wie das Fleisch.

<sup>1)</sup> Rubner, Zeitschr. f. Biol. Bd. 21. S. 321—328.

<sup>2)</sup> Pflüger, sein Archiv. Bd. 52. S. 78.

Es entsprechen also den täglich zersetzten

$$13,227 \text{ g N} = 457,52 \text{ Cal.}$$

1 g Stickstoff im Hungerharn liefert nach

$$\text{Rubner} = 8,495 \text{ Cal., also } 12,91 \text{ g} = 109,67 \text{ Cal.}$$

1 g N im fettfreien Koth nach Pflü-

$$\text{ger} = 28,2 \text{ Cal., also } 0,316 \text{ g} = 8,92 \text{ Cal.} \quad \underline{118,59 \text{ Cal.}}$$

$$\text{Es resultiren also aus dem Eiweissumsatz} \quad 338,93 \text{ Cal.}$$

Für das Fett kommt Pflüger auf Grund der neuen Versuche von Stohmann und Langbein zu dem wahrscheinlichen Werthe  $1 \text{ g} = 9,461 \text{ Cal., also } 136,7 \text{ g} = 1293,5 \text{ Cal.}$   
 gesammte Wärmeproduction  $= 1632,4 \text{ Cal.}$   
 Wärmeproduction pro kg  $= 29,23 \text{ Cal.}$

Man sieht aus diesem Beispiele, dass die Abweichungen der beiden Rechnungsweisen so gering sind, dass sie gegenüber den unvermeidlichen Unsicherheiten der Grundlage vernachlässigt werden können. Wir wollen deshalb für die folgenden Perioden Cetti's und für Breithaupt uns der bequemerer Rechnung nach Rubner bedienen, um so mehr, weil wir dann unsere Ergebnisse mit den von Rubner für den ersten Hungertag der Versuchsperson von Pettenkofer und Voit berechneten unmittelbar vergleichen können.

Wir kommen so zunächst für Cetti zu folgender Uebersichtstabelle des in absoluter Ruhe umgesetzten Materiales und der daraus frei gewordenen Energie:

Hunger- tag	Eiweiss ver- braucht g	Fette ver- brannt Minimal- werth g	Wärmeproduction aus Eiweiss Cal.	Wärmeproduction aus Fett Cal.	Gesammte Wärme- pro- duction Cal.	Wärme pro kg Körper- gewicht Cal.
1.—4.	85,88	136,72	329,8	1288,2	1618,0	29,00
5. u. 6.	69,58	131,30	267,3	1237,4	1504,7	28,38
7. u. 8.	66,30	149,35	254,7	1407,3	1662,0	31,74
9. u. 10.	67,96	132,38	261,1	1247,4	1508,5	29,26

Bei Breithaupt haben wir für die ganze Hungerperiode und ausserdem für die letzten 2 Tage derselben aus den oben angeführten Gründen die entsprechenden Werthe berechnet, ausserdem für die dem Hungern vorangehenden und nachfolgenden Esstage. Für letztere haben wir, um sie mit den Hungertagen direct vergleichen zu können, den Morgens nüchtern beobach-

teten Gaswechsel der Berechnung auf 24 Stunden zu Grunde gelegt.

Zeit	Eiweiss- umsatz g	Kohlen- hydrate	Fett oxydirt	Wärmeproduction aus			Gesammte Wärme- product.	Wärme- product. pro kg
				Eiweiss	Kohlen- hydrate	Fett		
2 Esstage vor dem Hungern	87,0 <sup>1)</sup>	311 <sup>2)</sup>	1,44	357,0	1275,0	13,2	1645,2	27,35
Mittel der 6 Hungertage	73,06	—	134,75	280,6	—	1269,8	1550,4	26,81
5. und 6. Hungertag	68,37	—	109,27	262,6	—	1029,6	1292,2	22,79
2 Esstagenach dem Hungern	65,00	289 <sup>3)</sup>	—	268,3	1184,9	—	1453,2	24,79

1) Aus dem Stickstoff des Harns allein berechnet. Gegenüber einer Ausscheidung von 13,475g im Harn waren in der Nahrung im Mittel der 2 Tage etwa 15,64 g N, deren Wärmeäquivalent sich nach Rubner (Zeitschr. f. Biol. Bd. 21. S. 351 u. S. 374) folgendermassen berechnet:

44,1 g Fleisch- u. Eiereiweiss à 15,4 pCt.	N = 6,79 g N und 176 Cal.
29,6 g - Casein           à 15,2 - - -	= 4,50 - - - 130 -
27,2 - pflanzliches Eiweiss à 16,0 - - -	= 4,35 - - - 108 -
<u>100,9 g Nahrungseiweiss</u>	<u>= 15,64 g N und 414 Cal.</u>

Hiervon umgesetzt:

87 g Nahrungseiweiss = 13,47 g N und 357 Cal.

Im Koth (S. 66)	1,43 g N
-----------------	----------

4,7 g Eiweiss angesetzt  $\quad \quad \quad = 0,74 \text{ g N}$

<sup>2)</sup> Die Nahrung enthielt schätzungsweise 321 g Kohlenhydrate, wovon 97 pCt. zur Resorption gelangt sein dürften,

darin 243 g Stärke à 1,185 g Sauerstoffverbrauch = 278,00 g O

- 68 - Zucker à 1,123 - - = 76,36 - -

1 g Eiweiss braucht 1,3361 g O, also die umge-

setzen 87,0 g brauchen =  $\frac{116,25}{470,61} \text{ g O.}$

Der 24stündige Sauerstoffverbrauch für absolute Ruhe berechnet sich aus den Zahlen der Tabelle 9 zu 474,73 g O

Hiervon, wie eben gezeigt, zur Oxy-

dation von Eiweiss und Kohlenhydrat	470,61	-	-
-------------------------------------	--------	---	---

bleiben zur Oxydation von Fett	4,12 g O
--------------------------------	----------

Da 1 g Butterfett = 2,861 g O zur Oxydation gebraucht, werden  
die 4,12 g O im Ganzen 1,44 g Fett à 9,192 Cal. = 13,2 Cal. oxydiren.

3) Aus der mittleren Stickstoffausscheidung der 2 Tage = 10,07 g folgt ein Umsatz von 65 g jenes Gemisches von Fleischiweiß, Casein und Pflanzeiweiß, wie es in der Nahrung überschüssig (im Mittel der Tage = 104,5 g) geboten war. Diese 65 g brauchen  $65 \times 1,336$

Die Betrachtung der beiden vorstehenden Tabellen bestätigt zunächst für Cetti die fast absolute Constanz des Kräfteumsatzes während der ganzen Hungerperiode, welche wir schon aus dem Sauerstoffverbrauch erschlossen hatten. Wenn man bedenkt, dass der respiratorische Quotient an den späteren Hungertagen ein wenig niedriger ist, als an den ersten, wird man die für die letzten Tage berechnete Wärmemenge etwas erniedrigen müssen, weil die gleiche Sauerstoffmenge mehr Wärme entwickelt, wenn sie Kohlenhydrat als wenn sie Fett oxydirt.

Die Bedeutung der Darmreizung tritt in der Steigerung der Wärmemenge von fast 10 pCt. am 7. und 8. Tage hervor. Noch mehr macht sich bei Breithaupt die Wirkung der Darmreizung geltend. Ihr, im Verein mit dem Schnupfenfieber am 3. Hungertage ist es zuzuschreiben, dass die für die ganze Hungerzeit berechnete Wärmeproduction um fast 18 pCt. höher liegt als der niedrigste Werth am 5. und 6. Tage.

Es ist werthvoll, dass wir bei B. auch aus der genau bekannten Nahrung an je 2, dem Fasten unmittelbar vorangehenden bzw. folgenden Tagen die Wärmeproduction berechnen können. Es erklärt sich so ein scheinbares Paradoxon, welches bei Betrachtung des Sauerstoffverbrauchs (vgl. Tab. 9) auffallen muss. Breithaupt braucht pro kg und Min.

im Mittel der 2 letzten Hungertage	= 3,605 cem O
- - - folgenden Esstage, nüchtern	= 3,530 cem O.

Der geringere Sauerstoffverbrauch ist aber mit einer Steigerung der Wärmeproduction von 9,4 pCt. verbunden, weil die bei gleichem Sauerstoffverbrauch erheblich mehr Wärme bildenden Kohlenhydrate den grössten Theil des Stoffverbrauchs decken. Dementsprechend ist auch die  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung und der respiratorische Quotient in diesen Tagen beträchtlich erhöht.

= 87 g Sauerstoff. Die Sauerstoffaufnahme betrug im nüchternen Zustande im Mittel laut Tab. 9 = 425,30 g. — Es bleiben also für die Oxydation der stickstofffreien Nährstoffe = 338,3 g O, welche 289 g der aufgenommenen Kohlenhydrate (Stärke und Zucker) oxydiren können. In der Nahrung waren 326 g dieser Kohlenhydrate, wovon wohl 97 pCt. = 316 g resorbirt wurden. — Käme nicht die Steigerung des Stoffwechsels durch Muskelthätigkeit und Bewegung in Betracht, so blieben noch 37 g Kohlenhydrate zur Fettbildung disponibel und ausserdem könnte das ganze resorbirte Fett aufgespeichert werden.



Wenn wir sehen, dass die Wärmeproduction Breithaupt's bei noch etwas reichlicherer Nahrungszufuhr nach dem Hungern geringer ist als vorher (24,8 gegen 27,3 Cal pro kg), so kommt man zu der Vorstellung, dass doch unter gewissen Umständen der ausgehungerte Körper öconomischer mit den Nährstoffen verfährt, als ein wohl genährter. Hier wären weitere Erfahrungen, die sich event. an Thieren gewinnen lassen würden, erwünscht.

Nachdem sich herausgestellt hat, dass bei Cetti auch noch am 10. Tage des Hungerns keine merkliche Abnahme der Wärmeproduction stattgefunden hat, liegt es nahe seinen Stoffumsatz mit dem von Pettenkofer und Voit gemessenen des ersten Hungertages zu vergleichen. Da der Versuchsmann von Pettenkofer und Voit sich im Respirationsapparate nach Belieben frei bewegen konnte, auch seine Hände durch Uhrmacherarbeit zeitweise beschäftigte, darf man wohl den Ueberschuss des Stoffverbrauchs dieses Mannes über den unserer Individuen auf Rechnung der Muskelbewegungen setzen, welche der sich selbst überlassene Mensch im Laufe des Tages ausführt, wenn er nicht eigentliche mechanische Arbeit leistet. Nach Rubner<sup>1)</sup> stellt sich der Wärmewerth des Stoffwechsels dieses 70 kg wiegenden Mannes auf 2303 Cal. Wir vergleichen diese Zahl mit den unsrigen wohl am besten so, dass wir die annähernde Proportionalität zwischen dem Quadrat der 3. Wurzel des Gewichts und dem Stoffumsatz annehmen. Das mittlere Gewicht unserer 2 Hungerer ist 55 kg. Ihr Umsatz unter den Bedingungen des Pettenkofer'schen Apparates berechnet sich demnach aus der Proportion

$$70^{\frac{2}{3}} : 55^{\frac{2}{3}} = 2303 : x$$

$$x = 35,65 \text{ Cal.}$$

Diese Zahl bedeutet gegenüber dem mittleren Umsatz Cetti's in absoluter Ruhe = 29 Cal. eine Steigerung um 6,6 Cal. = 23 pCt. des Ruhewerthes, gegenüber dem Minimalumsatz Breithaupt's von 22,8 Cal. dagegen eine Steigerung um 12,8 Cal. = 56 pCt. Schon der grosse Unterschied im Stoffwechsel unserer Hungerer bei gleichem Gewichte beweist, wie früher schon hervorgehoben, dass es keine einfache allgemeingültige Beziehung

<sup>1)</sup> Rubner, Zeitschr. f. Biol. Bd. 21. S. 369.

zwischen Körpergewicht und Stoffwechsel geben kann. Der Vergleich mit Pettenkofer's Hungerer zeigt uns also nur, in welchen Grenzen etwa sich der Unterschied zwischen absoluter Ruhe und durch das Behagen geregeltem sogenanntem ruhigem Verhalten bewegt. Aus Messungen und Erwägungen, welche Zuntz und Magnus-Levy bei Gelegenheit ihrer Untersuchungen über die Verdaulichkeit des Brodes angestellt haben, folgern sie, dass der Stoffwechsel durch die im Laufe des Tages ausgeführten, am Schrittmesser sich nicht markirenden Bewegungen um etwa 20 pCt. gesteigert werde. Dies als richtig vorausgesetzt, würde der hungernde Cetti in Wirklichkeit etwa 35 Cal. Breithaupt an dem letzten Hungertage etwa 27,4 Cal. pro Kilo und Tag entwickelt haben.

Für die weiterhin von I. Munk zu gebende Besprechung der Wasserbilanz des Körpers ist es von Interesse zu wissen, wie viel Wasser durch die Athmung dem Körper entzogen wird. Auf Grund unserer Kenntniss des Volums der geathmeten Luft können wir die expirirte Wassermenge mit ziemlicher Sicherheit berechnen, da wir annehmen dürfen, dass die expirirte Luft bei Körpertemperatur mit Wasserdampf gesättigt ist. Ein Beispiel wird die Art der Berechnung am Besten illustriren.

Am 13. März athmete Cetti pro Min. 6000 ccm Luft. 36° C. warm expirirt hatte diese Luft (Landolt-Boernstein S. 41) eine Wasserdampftension von . . . . . 44,158 mm  
Die inspirirte Luft konnte bei 12,2° C. in maximo eine Dampftension haben. . . . . = 10,570 mm  
sie war aber höchstens zu 75 pCt. mit Dampf gesättigt, ihre

Tension ist also zu schätzen auf . . . . . 7,928 -  
Der in den Lungen aufgenommene Wasserdampf entspricht

daher einer Tension von . . . . . 36,230 mm.  
Es sind also in jeder Minute 6000 ccm Wasserdampf von 36,23 mm Spannung und 36° C. Temperatur exhalirt worden, das entspricht 252,65 ccm von 760 mm Spannung und 0° C. Temperatur. Da 1 Liter Wasserdampf bei 0° C. und 760 mm Druck in Berlin ein Gewicht von 0,80458 g hat, wiegen die 252,65 ccm = 0,20332 g. Durch Multiplication mit 1440 ergiebt dies eine Wassorexhalation von 293 g für den Tag.

Um die Schwankungen dieses Werthes, der natürlich zunimmt mit wachsender Athemgrösse und mit sinkender Temperatur der Aussenluft, beurtheilen zu können, geben wir noch die aus Cetti's Athmung berechneten extremen Werthe.

	Zimmertemp.	Athmung	Wasserdampf
19. März	8,1°C.	7600 ccm	390,2 g pro die
5. April	20,7°C.	7556 -	310,9 - - -
28. März	18,2°C.	5708 -	250,0 - - -

Die analogen Extreme der Ruheversuche an Breithaupt sind folgende:

Während der Hungerperiode:			
	Zimmertemp.	Athmung	Wasserdampf
16. März	14°C.	7682 ccm	364,6 g pro die
20. -	18°C.	5958 -	262,0 - - -

Während der Essperioden nach dem Hungern:			
	Zimmertemp.	Athmung	Wasserdampf
24. März vor d. Mahlzeit	16°C.	9956 ccm	456,1 g p. d.
24. - nach - -	18°C.	14117 -	620,8 - - -

In den Arbeitsminuten wächst natürlich die Wasserdampfausfuhr mit der Athemgrösse auf's Doppelte bis Vierfache des Ruhewerthes. Eine Berechnung der Zahlen auf 24 Stunden hat keinen Sinn, weil die Arbeit immer nur wenige Minuten gedauert hat.

Da aus den früher angegebenen Daten zu folgern ist, dass der Stoffwechsel im Ganzen etwa  $\frac{1}{3}$  höher liegt als das von uns gefundene Minimum, wird auch die Lungenventilation und damit die Ausscheidung von Wasserdampf auf diesem Wege um eben so viel höher zu schätzen sein.

### Zusammenfassung der durch die Respirationsversuche gewonnenen Ergebnisse.

1. Die Grösse der Oxydationsprozesse sinkt im Hunger nicht unter den Werth, welcher bei demselben Individuum im nüchternen Zustande bei gleichem Verhalten beobachtet wird. Dieser Schluss wurde bereits von uns aus den Versuchen mit Cetti für den Ruhezustand gezogen; die Versuche mit Breithaupt bestätigen dies und gestatten eine Erweiterung auch auf in Wahrheit gleiche Arbeitsleistung. Der Unterschied im Verhalten des Nüchternen gegenüber dem Hungernden liegt nur darin, dass beim letzteren die Erschöpfung durch die Arbeit erheblich früher eintritt.

2. Der respiratorische Quotient wird im Hunger durch eine Reihe besonderer Momente derart beeinflusst, dass er in der Ruhe unter dem theoretischen Werthe liegt.

3. Im Beginn der Wiederernährung nach längerem Hungern wächst der Stoffwechsel in Folge der Verdauungsarbeit. Nachdem diese beendet, etwa 12 Stunden nach der letzten Mahlzeit beobachtet man niedrigere Sauerstoffzahlen als im Hunger. Der calorische Werth des Umsatzes ist aber eher höher, weil die Kohlenhydrate bei gleichem Sauerstoffverbrauch mehr Wärme entwickeln als Fett und Eiweiss.

4. Die Muskeln des Hungernden können zwar in einmaliger Contraction noch annähernd dasselbe leisten, wie vorher, aber sie sind schneller erschöpft. Eine wesentliche Ursache der schnellen Ermüdung ist die übermässige Erregbarkeit und geringe Leistungsfähigkeit des Herzens.

### § 8. Bilanz der Hungertage (Munk).

Die Vergleichung der Ausgaben und deren Vertheilung über die einzelnen Ausscheidungswege lässt sich am schärfsten bei Breithaupt durchführen, weil hier alle numerischen Unterlagen gegeben sind.

Durch den Harn sind an 6 Hungertagen (vgl. Tab. 6, S. 64) mit 7552 ccm (mittleres spec. Gew. = 1,012) abgegeben 7643 g durch den Koth, 76 g aus der Vorperiode, 28 g aus der

Hungerperiode, zusammen . . . . .	104 -
	<hr/>
	7747 g.
Aufgenommen wurden an Trinkwasser . . . . .	9242 -
Bleiben: als Ueberschuss von Trinkwasser über Harn-	
und Kothgewicht . . . . .	1495 -
dazu der Körpergewichtsverlust . . . . .	3620 -
	<hr/>
	5115 g

als Verlust durch Haut und Lungen, sog. insensibler Verlust. Diese 5115 g sind in Form von Wasser und Kohlensäure abgegeben, oder richtiger als Wasser, Wasserstoff und Kohlenstoff; denn da der durch die Athmung aufgenommene Sauerstoff nicht in Rechnung gestellt ist, kann er hier auch nicht als ausgegeben verrechnet werden.

Wie viel von diesen 5202 g des insensiblen Verlustes auf  $H_2O$  und wie viel auf H und C entfällt, lässt sich folgendermaassen ableiten. Die während des 6tägigen Hungerns zer-