

Über den Einfluß des Höhenklimas auf den Stoffwechsel des Menschen.¹

Von

Georg von Wendt.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Helsingfors.)

Daß das Höhenklima, unabhängig von der Einwirkung der Körperbewegungen auf die Muskulatur, gewisse Organe zu einer vermehrten Leistung anregt, ist eine alte Erfahrung. Wegen der Luftverdünnung und des niedrigen Sauerstoffdruckes werden dabei insbesondere das Herz und die Lungen stark beeinflußt.

Die Untersuchungen von Jaquet und Staehelin, wie von Veraguth, Zuntz und anderen haben indessen ergeben, daß das Höhenklima wahrscheinlich auch in einer anderen Weise auf die Lebensfunktionen einwirkt. Die normale Gleichgewichtslage scheint nämlich dabei in einer Art gestört zu werden, die sich nicht allein auf Grund der vermehrten Arbeit der Zirkulations- und Respirationsorgane erklären läßt.

Der erwachsene, gesunde Körper sucht im Stickstoffgleichgewicht zu bleiben und wenn ein Ansatz von Eiweiß zustande kommt, wie z. B. bei einer länger dauernden Steigerung der Muskelleistungen, ist dieser als eine Anpassung der lebenden Substanz des Muskels nach den gesteigerten Anforderungen aufzufassen.

Wenn ein Mensch oder ein Tier den Einfluß der Höhen von 3000 bis 4000^m und mehr, ohne zu erkranken, ertragen hat, hat man in mehreren Fällen beobachtet, daß die ausgeschiedene Stickstoffmenge während einer längeren oder kürzeren Periode nicht unwesentlich kleiner gewesen ist als die aufgenommene. Daraus folgt allerdings noch nicht, daß der zurückgehaltene Stickstoff in neugebildeter lebender Substanz angesetzt worden ist, denn er könnte ja zu einem größeren oder kleineren Teil in intermediären Verbindungen vorhanden sein. Die Ergebnisse der Zuntzschen Expedition nach Monte Rosa machen es sehr wahrscheinlich, daß eine derartige Anhäufung von unvollständig oxydierten Stickstoffverbindungen unter Umständen leicht zustande kommt und für das

¹ Der Redaktion am 15. Oktober 1910 zugegangen.

Entstehen der sogenannten Bergkrankheit von sehr großer Bedeutung ist. Eine weitere Stütze dieser Anschauung finde ich darin, daß mehrere Touristen bestimmt behaupten, daß eiweißreiche Mahlzeiten den Ausbruch der Bergkrankheit begünstigen, sowie daß eine starke körperliche Arbeit auf großer Höhe die gleiche Wirkung hat. Im ersten Falle ist die Menge der Spaltungsprodukte des Eiweißes erhöht; im letzteren kann dies auch leicht eintreffen, wenn die für die Arbeit notwendige Menge N-freier Nahrungsstoffe nicht vorhanden ist; dazu kommt noch als sehr bedeutsamer Faktor die durch Sauerstoffmangel erhöhte Neigung zum toxischen Eiweißzerfall.

Über den unter dem Einfluß des Höhenklimas stattfindenden Umsatz von Schwefel, Phosphor und den im Körper enthaltenen Metallen existieren bisher keine Untersuchungen. Wenn aber die Frage, ob das Höhenklima tatsächlich eine Störung der normalen Gleichgewichtslage herbeiführt und welcher Art diese Störung ist, bzw. ob nur ein pathologischer Zustand, eine Herabsetzung des Oxydations- und eventuell Exkretionsvermögens die Stickstoffretention hervorruft, beantwortet werden soll, so müssen wir das quantitative Verhalten dieser Elemente, insbesondere der im Eiweiß enthaltenen Elemente, festzustellen suchen. Und da ferner ein befriedigender Aufschluß über den Phosphorumsatz nur dann erhalten werden kann, wenn auch der anorganische Phosphor berücksichtigt wird, müssen auch die Erdalkalien in Betracht gezogen werden. Die am meisten befriedigende Aufklärung bekommen wir natürlich, wenn alle Bestandteile des Harns analytisch bestimmt werden. Aus diesem Gesichtspunkte sind meine Stoffwechselversuche auf den Hochalpen vorgenommen worden.

Die Versuche wurden im Sommer 1905 in Albergo Col d'Olen (3000^m über der Meeresfläche) in einem Gebirgspaß der Monte-Rosa-Gruppe, sowie in Capanna Regina Margueritha (4500^m) an einer der Spitzen der genannten Bergkette ausgeführt. Für die Gelegenheit, diese Versuche zu machen, bin ich Herrn Professor A. Mosso zu großem Danke verpflichtet.

Meine Absicht war, eine Vorstellung von dem normalen Stoffwechsel auf diesen Höhen zu gewinnen. Es war also in erster Linie notwendig, ein primäres Training durchzuführen, so daß die Besteigung der Spitze stattfinden konnte, ohne daß ich eine längere Nachwirkung der damit verbundenen Anstrengung zu fürchten hatte.

Das Training umfaßte zwei Wochen. Dabei waren meine früheren Sportübungen (insbesondere Ski- und Schlittschuhfahren) von großem Nutzen, und ich stelle mir vor, daß gerade darin die Ursache zu suchen ist, weshalb ich, ohne an der Bergkrankheit zu leiden und ohne meine

Kräfte aufs äußerste in Anspruch nehmen zu müssen, die Bergbesteigung machen und den Versuchsplan durchführen konnte.

Die Frequenz der Atembewegungen und des Pulses stellt ein sicheres Kriterium für die Beurteilung, ob das Individuum zur Besteigung einer hohen Bergspitze geeignet ist oder nicht. Wer nicht in einer Höhelage von etwa 3000^m wenigstens zwei Stunden lang aufwärts klettern kann, ohne daß der Puls über 90 bis 95 pro Minute ansteigt und ohne daß die Atembewegungen den flachen, frequenten Typus annehmen, kann nicht darauf rechnen, die Anstrengungen und die klimatologischen Einflüsse an den höchsten Bergspitzen ohne Störungen zu vertragen. Schon die geringsten Erscheinungen der Bergkrankheit vereiteln eine erfolgreiche Stoffwechseluntersuchung, weil bei der Bergkrankheit, wie Zuntz unter anderem so deutlich nachgewiesen hat, ein toxischer Eiweißzerfall das Bild des Stoffwechsels ganz unklar macht.

Bei einer Untersuchung an Orten, wo man keine chemischen Analysen ausführen kann, ist es leider nicht möglich, den Stoffwechsel von Tag zu Tag zu verfolgen, und man kann daher auch nicht die von den Versuchsergebnissen bedingten eventuellen Veränderungen in der Menge und Zusammensetzung der Kost vornehmen. Auf Grund meiner früheren, in Finnland gemachten Stoffwechselversuche ordnete ich meine Versuchskost an. Da es mir unmöglich war, dieselbe vor dem Versuch zu analysieren, ging ich von den zugänglichen Durchschnittszahlen aus, schätzte aber dabei den Kalkgehalt zu hoch, wodurch meine Kalkaufnahme etwas zu gering wurde. Dieser Umstand hat die Deutung der Ergebnisse etwas erschwert, denn daraus wurde sowohl die Calciumbilanz als die Bilanz des anorganischen Phosphors negativ.

Die Analysen der Kost und der Ausgaben im Harn und Kot wurden im physiologischen Institut zu Helsingfors nach dem von mir früher geübten Verfahren ausgeführt.¹

Meine Kost bestand aus abgewägten Mengen von Büchsenfleisch, trockenem Brot, Butter, eingemachten Pflirsichen, Zucker und schwachem Tee.

Die Untersuchung zerfällt in drei Reihen: während der ersten wurde der Stoffwechsel in Col d'Olen (3000^m), während der zweiten in Capanna Regina Margueritha (4560^m) und während der dritten wiederum in Col d'Olen untersucht. Vor jeder Reihe wurde während 2 bis 4 Tage die möglichst gleiche Kost genossen. Die Reihen II und III wurden während 2 bzw. 1 Tag mit N-armer Kost abgeschlossen.

¹ von Wendt, *Dies Archiv*. 1905. Bd. XVII. S. 211.

Stickstoff.

Tag	Einnahmen g	Ausgaben in g			Bilanz g
		im Kot	im Harn	Summa	
Reihe I.					
1	22.58	1.42	13.64	15.06	+ 7.52
2	22.58	1.42	16.02	17.44	+ 5.14
3	22.58	1.42	18.23	19.65	+ 2.93
4	22.58	1.42	15.70	17.12	+ 5.46
Reihe II.					
1	22.58	1.22	14.58	15.80	+ 6.78
2	22.58	1.22	14.38	15.60	+ 6.98
3	22.58	1.22	15.00	16.22	+ 6.36
4	3.30	1.22	9.97	11.19	- 7.89
Reihe III.					
1	22.58	1.06	14.25	15.31	+ 7.27
2	22.58	1.06	15.88	16.94	+ 5.64
3	3.30	1.06	11.90	12.15	- 8.85

Schwefel.

Tag	Einnahmen g	Ausgaben in g			Bilanz g
		im Kot	im Harn	Summa	
Reihe I.					
1	1.706	0.343	1.062	1.405	+ 0.301
2	1.706	0.343	1.343	1.686	+ 0.020
3	1.706	0.343	0.963	1.306	+ 0.400
4	1.706	0.343	1.123	1.466	+ 0.240
Reihe II.					
1	1.706	0.282	0.892	1.174	+ 0.532
2	1.706	0.282	0.928	1.210	+ 0.496
3	1.706	0.282	1.086	1.368	+ 0.338
4	0.435	0.282	0.672	0.954	- 0.519
Reihe III.					
1	1.706	0.331	0.950	1.281	+ 0.425
2	1.706	0.331	1.198	1.529	+ 0.177
3	0.435	0.331	1.112	1.443	- 1.008

Phosphor.

Tag	Einnahmen g	Ausgaben in g			Bilanz g
		im Kot	im Harn	Summa	
Reihe I.					
1	0.861	0.197	0.661	0.858	+ 0.003
2	0.861	0.197	0.774	0.971	- 0.110
3	0.861	0.197	0.766	0.963	- 0.102
4	0.861	0.197	0.828	1.025	- 0.164
Reihe II.					
1	0.861	0.184	0.585	0.769	+ 0.092
2	0.861	0.184	0.658	0.842	+ 0.019
3	0.861	0.184	0.555	0.739	+ 0.122
4	0.284	0.184	0.508	0.692	- 0.408
Reihe III.					
1	0.861	0.241	1.057	1.298	- 0.437
2	0.861	0.241	1.140	1.381	- 0.520
3	0.284	0.241	0.629	0.870	- 0.536

Calcium.

Tag	Einnahmen g	Ausgaben in g			Bilanz g
		im Kot	im Harn	Summa	
Reihe I.					
1	0.160	0.200	0.177	0.377	- 0.217
2	0.160	0.200	0.197	0.397	- 0.237
3	0.160	0.200	0.140	0.340	- 0.180
4	0.160	0.200	0.157	0.357	- 0.197
Reihe II.					
1	0.160	0.239	0.193	0.432	- 0.272
2	0.160	0.239	0.137	0.376	- 0.216
3	0.160	0.239	0.143	0.382	- 0.222
4	0.083	0.239	0.124	0.363	- 0.280
Reihe III.					
1	0.160	0.216	0.191	0.407	- 0.247
2	0.160	0.216	0.176	0.392	- 0.232
3	0.083	0.216	0.145	0.361	- 0.278

Magnesium.

Tag	Einnahmen g	Ausgaben in g			Bilanz g
		im Kot	im Harn	Summa	
Reihe I.					
1	0.171	0.084	0.090	0.174	- 0.003
2	0.171	0.084	0.092	0.176	- 0.005
3	0.171	0.084	0.073	0.157	+ 0.014
4	0.171	0.084	0.075	0.159	+ 0.012
Reihe II.					
1	0.171	0.098	0.066	0.164	+ 0.007
2	0.171	0.098	0.047	0.145	+ 0.026
3	0.171	0.098	0.046	0.114	+ 0.027
4	0.066	0.098	0.051	0.149	- 0.083
Reihe III.					
1	0.171	0.087	0.093	0.180	- 0.009
2	0.171	0.087	0.082	0.169	+ 0.002
3	0.066	0.087	0.067	0.154	- 0.088

Eisen.

Tag	Einnahmen g	Ausgaben im	Bilanz g
		Kot u. Harn g	
Reihe I.			
1	0.156	0.101	+ 0.055
2	0.156	0.101	+ 0.055
3	0.156	0.101	+ 0.055
4	0.156	0.101	+ 0.055
Reihe II.			
1	0.156	0.140	+ 0.016
2	0.156	0.140	+ 0.016
3	0.156	0.140	+ 0.016
4	0.003	0.140	- 0.137
Reihe III.			
1	0.156	0.096	+ 0.060
2	0.156	0.096	+ 0.060
3	0.003	0.096	- 0.093

Chlor.

Tag	Einnahmen g	Ausgaben in g			Bilanz g
		im Kot	im Harn	Summa	
Reihe I.					
1	4.12	0.13	7.65	7.78	- 3.66
2	4.12	0.13	11.39	11.52	- 7.40
3	4.12	0.13	4.79	4.92	- 0.80
4	4.12	0.13	4.03	4.16	- 0.04
Reihe II.					
1	4.12	0.06	2.79	2.85	+ 1.27
2	4.12	0.06	3.74	3.80	+ 0.32
3	4.12	0.06	4.83	4.89	- 0.77
4	2.62	0.06	4.17	4.23	- 1.61
Reihe III.					
1	4.12	0.05	5.84	5.89	- 1.77
2	4.12	0.05	8.20	8.25	- 4.13
3	2.62	0.05	5.72	5.77	- 3.15

Natrium.

Tag	Einnahmen g	Ausgaben in g			Bilanz g
		im Kot	im Harn	Summa	
Reihe I.					
1	2.05	0.12	1.75	1.87	+ 0.18
2	2.05	0.12	3.18	3.30	- 1.25
3	2.05	0.12	1.48	1.50	+ 0.55
4	2.05	0.12	1.12	1.24	+ 0.81
Reihe II.					
1	2.05	0.11	0.51	0.62	+ 1.43
2	2.05	0.11	0.78	0.89	+ 1.16
3	2.05	0.11	0.99	1.10	+ 0.95
4	1.44	0.11	0.90	1.01	+ 0.43
Reihe III.					
1	2.05	0.14	1.83	1.97	+ 0.08
2	2.05	0.14	1.58	1.72	+ 0.33
3	1.44	0.14	1.02	1.16	+ 0.28

Kalium.

Tag	Einnahmen g	Ausgaben in g			Bilanz g
		im Kot	im Harn	Summa	
Reihe I.					
1	1.37	0.36	1.37	1.73	- 0.36
2	1.37	0.36	0.50	0.86	+ 0.51
3	1.37	0.36	0.20	0.56	+ 0.81
4	1.37	0.36	0.56	0.92	+ 0.45
Reihe II.					
1	1.37	0.35	0.46	0.81	+ 0.56
2	1.37	0.35	0.54	0.89	+ 0.48
3	1.37	0.35	0.59	0.94	+ 0.43
4	0.22	0.35	0.40	0.75	- 0.53
Reihe III.					
1	1.37	0.32	0.58	0.90	+ 0.47
2	1.37	0.32	1.09	1.41	- 0.04
3	0.22	0.32	0.79	1.11	- 0.89

Mit Ausnahme der Tage, wo eine stickstoffarme Kost genossen wurde, ist die Stickstoffbilanz durchgehend positiv. Der Ansatz entspricht, als Muskelsubstanz berechnet, mehr als 100^s pro Tag und beträgt während der drei Versuchsreihen insgesamt fast 1^{kg}.

Für die Frage nach der Form, in welcher der Stickstoff angesetzt worden ist, ist das Verhalten des Schwefels sehr bedeutungsvoll. Wie ich in meinen Untersuchungen über den Eiweiß- und Salzsatz des Menschen nachgewiesen habe¹, läßt sich aus der Schwefelabgabe der Verlauf des Eiweißumsatzes deutlicher als aus der Stickstoffabgabe verfolgen, vor allem weil jenes Element schneller ausgeschieden und in geringerer Menge in Form von intermediären Verbindungen zurückgehalten wird. Bei einer typischen positiven Schwefelbilanz können wir daher mit großer Wahrscheinlichkeit das Vorhandensein einer Eiweißsynthese annehmen.

Mit Ausnahme der Tage mit stickstoffarmer Kost, war auch die Schwefelbilanz in allen drei Reihen positiv.

Irgend welches konstantes Verhalten N:S habe ich weder während der verschiedenen Reihen, noch während der einzelnen Versuchstage in einer und derselben Reihe nachweisen können. Dies war auch nicht zu erwarten, denn diejenigen Gewebelemente, welche, wie es scheint, in erster Linie neugebildet worden sind — Muskelfasern und

¹ v. Wendt, a. a. O. S. 220.

rote Blutkörperchen — haben einen wesentlich verschiedenen Gehalt an Schwefel: sind ja die Muskelemente verhältnismäßig reich an Schwefel, während die roten Blutkörperchen daran ziemlich arm sind.

Beziehen sich die Synthesen hauptsächlich auf Substanzen der roten Blutkörperchen, muß daher der Ansatz von Schwefel verhältnismäßig gering gewesen sein; wenn neue Muskelsubstanz in größerem Umfange gebildet worden ist, muß dagegen der Schwefelansatz ziemlich groß sein.

Bevor ich dazu übergehe, an der Hand der übrigen Bilanzen die Art der betreffenden Synthesen näher zu erörtern, will ich die Phosphorbilanz kurz besprechen.

Diese war nur während der Reihe II (Capanna) positiv und näherte sich dabei der Gleichgewichtslage.

Dies widerspricht indessen nicht der Möglichkeit, daß die Retention von Stickstoff und Schwefel von einer Neubildung lebender Substanz bedingt gewesen wäre, denn gerade zur Bildung einer größeren Zahl von roten Blutkörperchen brauchen nur unbedeutende Mengen von Phosphor in Anspruch genommen zu werden. Keinesfalls darf aber die Bilanz der organischen Phosphorkomponente stark negativ sein, und dies war auch, wie aus folgendem hervorgeht, nicht der Fall.

Die Calciumbilanz war stark negativ, was nichts anderes bedeutet als daß der Körper, um seinen Calciumbedarf zu decken, gezwungen war, einige Zehntel Gramm Calcium aus seinen Reservorräten zuzugreifen. Außer der Calciummenge in der Kost, d. h. etwa 0.160^g, standen also, wahrscheinlich aus den Knochen, noch 0.2 bis 0.3^g Calcium täglich dem Körper zur Verfügung. Mit diesem Calcium war eine gewisse Menge Phosphor verbunden, von der nunmehr ein Teil zur Disposition des Körpers gestellt werden konnte. D. h. die ganze, zur Verfügung stehende Phosphormenge betrug 0.860^g Phosphor in der Kost und 0.3 bis 0.4^g aus den vom Körper abgegebenen Phosphaten.

Diejenige Phosphormenge, welche in den Knochen mit dem unterschiedlichen Calcium verbunden gewesen war, muß also zur Phosphorbilanz addiert werden, damit ihre wirkliche Bedeutung in bezug auf die Eiweißsynthese hervortreten soll.

Dann finden wir in Reihe I einen Phosphoransatz von etwa 0.2^g, in Reihe II einen von etwa 0.4^g und in Reihe III eine geringe negative Bilanz, — alles betreffend die organische Phosphorkomponente.

Aus dem hier Dargelegten folgt also: während Reihe I wurden vorzugsweise Substanzen gebildet, die verhältnismäßig viel Stickstoff und wenig Phosphor und Schwefel enthielten, also wahrscheinlich Bestandteile der roten Blutkörperchen; während Reihe II wurden Substanzen erzeugt, die verhältnismäßig reich an Schwefel und Phosphor

waren, wahrscheinlich Muskelsubstanz; während Reihe III wurde wiederum eine an Schwefel und Phosphor arme Substanz erzeugt.

Die Eisenbilanz ergibt der Auffassung, daß während Reihe I und III eine starke Hämoglobinsynthese stattfand, eine weitere Stütze. Während Reihe I ist nämlich der tägliche Ansatz von Eisen 55 mg , was etwa 50% roten Blutkörperchen entspricht. Zu deren Bildung sind etwa 2.5% Stickstoff nötig, d. h. etwa die Hälfte der ganzen retinierten Stickstoffmenge. Während Reihe II beträgt der Eisenansatz kaum $\frac{1}{4}$ des früheren; der zur Hämoglobinbildung erforderliche Stickstoffansatz ist also nur etwa $\frac{1}{2}\%$, d. h. etwa $\frac{1}{12}$ des ganzen Stickstoffansatzes. Endlich begegnen wir in der Reihe III dem größten Eisenansatz und gleichzeitig den geringsten Andeutungen einer Synthese von Muskeleiweiß.

Übrigens braucht die negative Phosphorbilanz in Reihe III nicht die organische Phosphorkomponente betreffen, denn wenn ein größerer Teil des Calciums in der Form von Monometallphosphat ausgeschieden worden ist, so wäre gleichzeitig auch der ganze oder fast ganze Verlust an Phosphor erklärt und auf die anorganische Komponente übertragen. Beim Vergleich der ausgeschiedenen Phosphormengen finden wir als Stütze dieser Annahme, daß die Phosphorabgabe während Reihe III abnorm hoch, mehr als 1.2% war, 0.7 bis 0.8% während Reihe II und 0.9 bis 1.0% während Reihe I gegenüber.

Die Ausscheidung der Alkalimetalle und die des Chlors sind ja mehr von den osmotischen Spannungsverhältnissen der Körperflüssigkeiten, von der H^+ -Konzentration usw., als von den synthetischen Prozessen abhängig. Immerhin haben wir eine sehr deutliche Retention, besonders von K, welches in Betracht der Bildung von roten Blutkörperchen und von Muskelgewebe als die Anschauung stützend angesehen werden muß.

Diese drei Versuchsreihen liefern daher einen Beweis für die Annahme, daß die bei Stoffwechselversuchen in den Hochalpen oft beobachtete Stickstoffretention den Ausdruck einer Neubildung von lebender Substanz darstellt und nicht von einer Retention von Stickstoff in intermediären Verbindungen bedingt ist.

Daß die synthetischen Vorgänge mit größerer Intensität an der Capanna Regina Margueritha als am Col d'Olen stattfanden, folgt übrigens auch aus dem wesentlich geringeren Stickstoffverlust während der stickstoffarmen Diät an jenem Orte.

Daß der Ansatz des Eiweißes in meinen Versuchen nicht als eine Kompensation betrachtet werden darf, die infolge großer Eiweißverluste

während des Aufsteigens entstanden war, geht unter anderem daraus hervor, daß die N-Ausscheidung während der Märsche nur sehr unbedeutend gesteigert war. Wir haben also sehr wahrscheinlich keine beträchtlichere endogene Eiweißzersetzung während der Kletteranstrengungen zu verzeichnen. Dieses geht noch deutlicher hervor aus dem Verhalten des neutralen oder unvollständig oxydierten Schwefels und der Purine.

	Neutraler S.	Oxydierter S.	Harnsäure-N	Basen-N
	g	g	g	g
Reihe I.				
Tag 3	0.197	0.766	0.127	0.041
„ 4	0.295	0.828	0.085	0.060
Tag des Aufsteigens auf der Capanna	0.268	1.001	0.170	0.063
Erster Tag danach	0.200	0.735	0.114	0.050
Abstiegstag	0.170	1.006	—	—
Reihe II.				
Tag 1	0.189	0.703	0.109	0.050
„ 2	0.145	0.784	0.105	0.074
„ 3	0.260	0.826	0.089	0.048
„ 4	0.151	0.521	0.070	0.050
Reihe III.				
Tag 1	—	—	0.212	0.085
„ 2	—	—	0.137	0.072
„ 3	—	—	0.097	0.060

Bekanntlich ist eine Vermehrung des endogenen Eiweißzerfalles immer mit einer Steigerung der genannten Ausscheidungskomponenten verbunden. Sowohl die Ausscheidung des neutralen Schwefels als die der Purine ist während der Märsche nicht höher als man sie während der eigentlichen Versuchstage findet. Ein Eiweißzerfall kann also nicht in dem Maße stattgefunden haben, daß der Ansatz als eine Kompensationserscheinung betrachtet werden dürfte.

Die Werte für die neutrale Schwefel-, die Harnsäure- und die Purinbasenausscheidung ergeben, daß diese Verbindungen auch während der Versuchsreihen nicht in vermehrter Menge ausgeschieden wurden, daß also kein vermehrter Eiweißzerfall stattgefunden hatte. Auch entspricht die Abnahme der Ausscheidung des neutralen Schwefels und der Purine während der Tage mit N-armer Kost in Reihe II und III durchaus der Norm und gibt keine Veranlassung zur Annahme einer

vermuteten endogenen Zersetzung. Der starke Eiweißzerfall, der bei einigen Teilnehmern der Zuntz'schen Expedition beobachtet wurde, muß wohl hauptsächlich auf die Rechnung der Bergkrankheit gebracht werden.

Daß der Ansatz von lebender Substanz verhältnismäßig bald aufhört, und daß eine Gleichgewichtslage eintritt, ist leicht zu verstehen. Die Ursachen des primären Ansatzes sind indessen der Art, daß jeder gesunde Körper notwendig auf die gleiche Weise reagieren muß. Meiner Meinung nach muß jeder hinsichtlich Nahrungsmengen sonst richtig ausgeführten mit negativer Stickstoffbilanz verbundene Stoffwechselversuch auf den Hochalpen als Zeichen dafür aufgefaßt werden, daß die Versuchsperson zur Zeit des Versuches an der Bergkrankheit gelitten hat.

Als allgemeines, und vielleicht auch therapeutisch brauchbares Resultat meiner Erfahrungen möchte ich daher den Satz aufstellen, daß die mittleren Höhen eine verhältnismäßig stark erregende Wirkung auf die Hämoglobinbildung, die höheren aber, welche die vorhergehende Hämoglobinbildung an einem etwas niedriger liegenden Ort voraussetzen, einen stärkenden Einfluß auf das gesamte Muskelsystem ausüben.

Zum Schluß will ich noch erwähnen, daß die hier berührten physiologischen Vorgänge auch subjektiv nachgewiesen werden konnten. Während des ganzen Aufenthaltes auf den Bergen beobachtete ich eine staunend schnelle Zunahme der Muskelkraft, sowie eine bedeutende Reduktion des Einflusses von intensiven physischen Leistungen auf die Puls- und Respirationsfrequenz. Als Vergleichsnormen benutzte ich verschiedene Touren mit steilem Klettern bergauf. Eine Tour, die vor meinem Aufenthalt an der Capanna Regina Margueritha meine Pulsfrequenz von 68 auf 100 und die Respirationsfrequenz um mehr als die Hälfte gesteigert hatte, hatte nach dem Aufenthalt auf der Spitze von Monte Rosa keine merkbare Einwirkung auf die Respirationsfrequenz, und die Steigerung der Pulsfrequenz betrug nur 8 bis 10 in der Minute. In beiden Fällen dauerte die Tour gleich lange. Natürlich wurden alle diese Versuche in der Zeit zwischen den Stoffwechselreihen ausgeführt.

Noch ist zu bemerken, daß meine Pulsfrequenz, die sonst zwischen 60 bis 65 wechselt, während des ersten Tages in der Ebene 48 betrug und erst sehr allmählich auf 60 wieder anstieg. Noch eine Woche nach der Expedition war die Frequenz 2 bis 4 Schläge hinter der Norm zurück. Wahrscheinlich ist dieses auf die gesteigerte Hämoglobinmenge zurückzuführen.