

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Höhenklima und Bergwanderungen in ihrer Wirkung auf den Menschen

Zuntz, Nathan

Berlin, 1906

Kapitel IX. Der Einfluß des Hochgebirges und des Bergsteigens auf den
Eiweißumsatz

Kapitel IX.

Der Einfluß des Hochgebirges und des Bergsteigens auf den Eiweißumsatz.

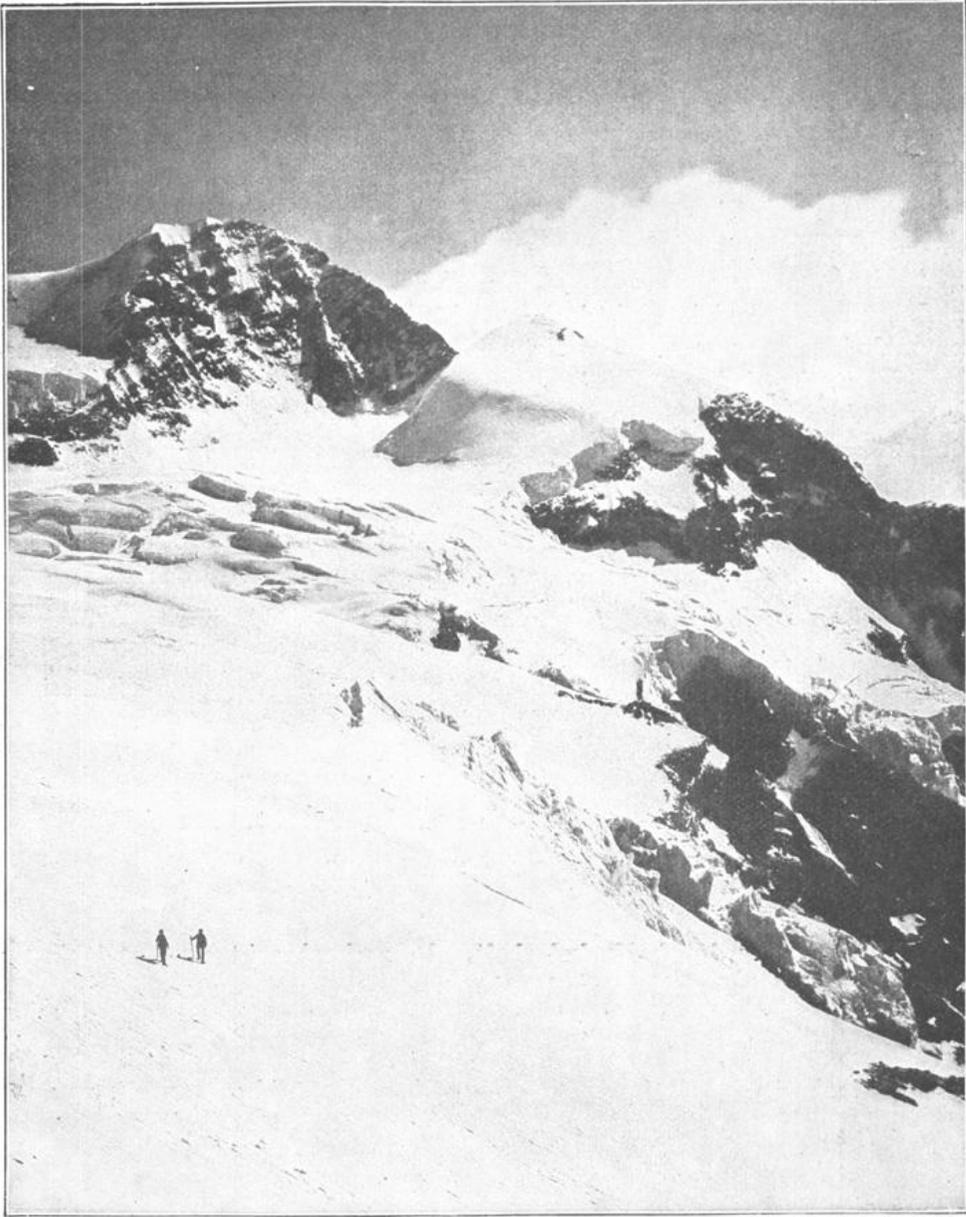
Die Kenntnis des Eiweißumsatzes ist von hoher Bedeutung für die Beurteilung des Ernährungszustandes. Dies wurde schon im Kapitel III ausgeführt. Dort haben wir auch gesehen, in welcher Weise uns der Stoffwechselversuch, besonders die Untersuchung des Stickstoffumsatzes, einen Einblick in den Eiweißhaushalt des Organismus ermöglicht. Hier muß jedoch noch auf einige Gesetze des Eiweißstoffwechsels etwas näher eingegangen werden.

Der Organismus des jugendlichen Individuums behält von dem ihm gebotenen Nahrungsprotein einen Teil zurück, den er zum Aufbau neuen Zellmaterials seines wachsenden Körpers benutzt. Anders verhält sich der Organismus des Erwachsenen. Es ist als eine der Grundtatsachen der Ernährungsphysiologie festzuhalten, daß beim Erwachsenen nur in seltenen Fällen ein Ansatz von neuer Eiweißsubstanz stattfindet, und auch dieser bewegt sich in mäßigen Grenzen. Eine Ausnahme macht ganz naturgemäß der Rekonvaleszent nach schweren, zehrenden Erkrankungen, welcher einen erheblichen Bestand seines Körpereiwisses im Verlaufe der Krankheit verloren hat und nun meist noch energischer, als der Körper des jugendlichen Individuums, sein Organprotein zu vermehren trachtet.

Die Tatsache, daß im allgemeinen ein Eiweißansatz beim Erwachsenen nicht stattfindet, ist durch unzählige praktische und experimentelle Nachweise dargetan. Praktisch sind in dieser Beziehung die häufigen Versuche der Viehzüchter von Bedeutung, welche bestrebt waren, den Fleischgehalt ihres Schlachtviehes zu vermehren. Im Experiment sehen wir beim normalen Stoffwechselversuch am Erwachsenen stets die Tendenz des Organismus, einen Gleichgewichtszustand zu erreichen, den wir als Stickstoffgleichgewicht bezeichnen. Da der Harn, abgesehen von den im Schweiß und Kot vorhandenen Mengen, allen Stickstoff des im Organismus zerfallenen Eiweiß enthält, prägt sich das Stickstoffgleichgewicht darin aus, daß der Stickstoffgehalt des Kotes, des Harnes und Schweißes gleich dem Stickstoff der Nahrung ist. Wenn wir also von dem in der Nahrung enthaltenen Stickstoff denjenigen der Ausscheidungen abziehen, so kommen wir zu einer Bilanz, welche gleich Null ist, d. h. weder einen wesentlichen Verlust an Stickstoff, noch einen wesentlichen Ansatz von stickstoffhaltigem Material erkennen läßt. Natürlich folgt die Ausscheidung in Kot und Harn nicht mit derartiger Exaktheit der Aufnahme, daß die Bilanz sich für jeden einzelnen Tag genau auf dem Nullwerte hält. Der Zustand des Stickstoffgleichgewichts spricht sich vielmehr darin aus, daß der Bilanzwert der einzelnen Tage in geringen Grenzen um den Nullpunkt schwankt.

Legen wir zu einer bestimmten Nahrung, mit welcher der Organismus sich ins Gleichgewicht gesetzt hat, eine weitere Menge Eiweiß zu, so steigt, entsprechend

dieser Zulage, auch die Zersetzung des Eiweißes, und die Stickstoffausscheidung im Harn wächst innerhalb weniger Tage derart, daß nunmehr das Stickstoffgleichgewicht



Lyskamm und Vicentpyramide.

Phot. Vittorio Sella, Biella.

bei dieser höheren Eiweißzufuhr erreicht wird. Bleiben dabei die Anforderungen an den Organismus dieselben wie vorher, so wird, durch die Mehrzersetzung des Eiweißes, Kohlehydrat und Fett in gewissem Maße gespart werden und im Orga-

nismus zum Ansatz gelangen können. Umgekehrt strebt der Organismus einem niedrigeren Stickstoffgleichgewicht zu, wenn wir ihm einen Teil seines Nahrungseiweißes entziehen. Nach wenigen Tagen wird dann in den Exkreten nur noch ebensoviel Stickstoff ausgeschieden, wie in der Nahrung vorhanden ist. Für die Eiweißmenge, welche auf diese Weise dem Umsatz entzogen wird, müssen Kohlehydrate und Fette, eventuell aus den Reservefonds des Organismus, zum Ersatze eintreten.

Nach oben hin ist dieser Vorgang des Stickstoffgleichgewichts unbegrenzt. Soweit überhaupt der Organismus imstande ist, Eiweiß aufzunehmen und zu verdauen, hält der Umsatz mit der Aufnahme gleichen Schritt. Nach unten hin gibt es dagegen eine geringste Menge Eiweiß, für welche das Stickstoffgleichgewicht gerade noch aufrecht erhalten werden kann. Über diese geringste Eiweißzufuhr, welche den Bedarf zu decken vermag, das Eiweißminimum, ist S. 104ff. gehandelt worden. Das Eiweißminimum ist in jedem Einzelfalle und für jedes Einzelindividuum von zahlreichen Umständen abhängig. Es ergibt sich also als Facit dieser Betrachtungen, daß jeder Organismus das Quantum an Organsubstanz, das er nach Abschluß des Wachstums besitzt, mit großer Zähigkeit festhält, einem Ansatz durch vermehrten Umsatz, einem Verlust durch Sparung begegnet.

Vom Standpunkte der Zweckmäßigkeit ist dieses Verhalten wohl zu erklären. Das Eiweiß ist der wichtigste Bestandteil der tierischen Zelle, aus ihm bauen sich alle Organe auf, und es ist daher leicht verständlich, daß ein Verlust an Eiweiß zu Schädigungen des Organismus führen, ein weitgehender ihm verhängnisvoll werden kann. Andererseits richtet sich aber der Energiebedarf und damit der gesamte Stoffverbrauch des Körpers unter sonst gleichen Bedingungen nach seinem Eiweißbestande, und Pflüger hat daher mit vollem Recht das Eiweiß „die mit Bedarf begabte Substanz“ genannt. Würde also der Eiweißbestand des Körpers ins Ungemessene wachsen, so würde auch sein Bedarf in entsprechender Weise steigen. Eine Muskelfülle, wie sie der Farnesische Herkules aufweist, kann nicht mehr als normal bezeichnet werden. Die Ernährung eines solchen Menschen müßte Schwierigkeiten begegnen.

Eiweißansatz durch Muskularbeit. Dennoch aber ist es eine Erfahrung, die jeder an sich und anderen machen kann, daß auch beim erwachsenen Individuum durch Muskeltätigkeit eine Zunahme der Muskelmasse stattfindet. In der Tat wissen wir heute, daß dieses Wachstum der Muskulatur bei erhöhter Anforderung an ihre Arbeitskraft effektiv einen wirklichen Eiweißansatz darstellt. Hier wird also das Gesetz von der Konstanz des Eiweißhaushalts beim Erwachsenen durchbrochen, und auch er kann seinen Eiweißvorrat mehren durch ausgiebige Übung seiner Muskulatur. Allerdings muß sogleich bemerkt werden, daß dieser Eiweißansatz durch Muskelübung ein begrenzter ist. Nach kürzerer oder längerer Zeit tritt wiederum Stickstoffgleichgewicht ein, aber nun bei einem erhöhten Eiweißgehalt des Organismus.

Daß wirklich auch für den Erwachsenen die Möglichkeit besteht, seinen Vorrat an diesem wichtigsten Bestandteil des Körpers zu erhöhen, ist erst in den letzten Jahren nachgewiesen worden. Doch sind die Resultate so eindeutige und harmo-

nieren vor allem so vorzüglich mit unseren praktischen Erfahrungen, daß an der Tatsache wohl kaum mehr gezweifelt wird. Im Selbstversuch gelang es zuerst Bornstein,²⁾ bei Erhöhung der Eiweißzufuhr, unterstützt durch Muskeltätigkeit, eine Vermehrung seines Eiweißbestandes zu erzielen. Eiweißansatz durch Muskelarbeit konstatierten Zuntz und Schumburg⁸⁾ bei ihren marschierenden Soldaten, wobei sie auch die Zunahme der Beinmuskulatur direkt messen konnten. Schließlich haben Atwater und Benedict¹⁾ auf das Exakteste nachgewiesen, daß bei Muskelarbeit, trotz des erheblich gesteigerten Stoffverbrauchs, weniger Eiweiß zersetzt wurde als in Körperruhe, und es somit zu einer Anreicherung an Eiweiß kam. Der Mehrverbrauch bei der Arbeit wurde durch gesteigerte Fettzersetzung bestritten, so daß der Körper gleichzeitig erhebliche Mengen Fett verlor. Diese Tatsache harmonisiert ausgezeichnet mit unseren praktischen Erfahrungen. Caspari³⁾ glückte an einer gemästeten Hündin der Nachweis, daß auch ohne vermehrte Eiweißzufuhr allein der Übergang von träger Ruhe zu ausreichender Muskeltätigkeit einen steigenden Eiweißansatz bei dauernder Abnahme des Körpergewichts bewirkt. In diesem Versuche war noch am letzten (zehnten) Versuchstage eine stetig steigende Stickstoffsparung nachweisbar und noch keine Annäherung an das Stickstoffgleichgewicht zu bemerken.

Weiteres Material zur Frage des Eiweißansatzes durch Muskelarbeit liefern unsere eigenen Versuche, deren Ergebnisse in Tabelle III bis VIII des Anhangs niedergelegt sind. Hervorzuheben ist, daß unsere Versuchsanordnung in Berlin sowohl, wie später im Gebirge, sich in einem wesentlichen Punkte gegenüber der üblichen Methodik auszeichnete. Wir stellten für die Stickstoffausscheidung neben Harn und Kot auch den Schweiß in Rechnung (vgl. S. 109). Wie wichtig dies ist, geht neben anderem z. B. aus der Unsicherheit hervor, die in die gleich zu besprechenden Versuche Jaquets durch Nichtberücksichtigung des Schweißstickstoffs hineingetragen wurde.

Wie in Kapitel IV erwähnt, zerfiel unser Vorversuch in Berlin durchweg in zwei Abschnitte, indem bei Loewy, Müller, Kolmer und Waldenburg eine Periode angestrenzter Marscharbeit verglichen wurde mit einer Ruheperiode. Zuntz und Caspari waren genötigt, während der Marschierzeit der übrigen die notwendige Laboratoriumsarbeit zu verrichten.

Loewy zeigte nun einen außerordentlich deutlich ausgesprochenen Ansatz von Eiweiß während der Marschperiode. Allerdings war auch die Stickstoffzufuhr recht erheblich gesteigert und der Gesamtbrennwert der Nahrung genau der Arbeitsleistung entsprechend erhöht. Es muß besonders hervorgehoben werden, daß ähnlich wie bei dem erwähnten Versuche von Caspari an der Hündin, auch am letzten Versuchstage, dem sechsten Tag der Marschperiode, die Tendenz zum Eiweißansatz noch im Steigen ist. Nach der üblichen Weise berechnet, muß der Ansatz an Muskelsubstanz innerhalb dieser sechs Tage etwa 400 g betragen haben, während das Körpergewicht noch etwas abnahm. Wir haben also hier wiederum Fettverlust bei erheblichem Eiweißansatz, ein Faktum, das um so auffälliger ist, wenn man bedenkt, daß Loewy damals bereits im 38. Lebensjahre stand. Allerdings befand er sich in Rekoneszenz nach längerer Verdauungsstörung, was vielleicht der Ansatz begünstigte.

Müller vermehrte in der Arbeitsperiode seine Eiweißzufuhr nicht, seine Gesamtnahrungszufuhr in bescheidenem Maße, nur um die Hälfte des gesteigerten Bedarfs. Dennoch zeigt auch er in eklatanter Weise die Tendenz zum Eiweißansatz, wenn auch nicht so ausgeprägt wie Loewy. Am letzten (sechsten) Marschtage beginnt der Eiweißansatz bei Müller abzunehmen, und es ist wahrscheinlich, daß bei weiterer Fortführung der Versuchsreihe in wenigen Tagen der Zustand des Stickstoffgleichgewichts eingetreten wäre.

Gleichfalls unzweifelhaft positiv zeigt sich die Wirkung der Marscharbeit bei Waldenburg, bei ihm um so deutlicher, als in der Vorperiode der Organismus des jugendlichen Mannes seinen Eiweißbestand nicht behaupten konnte. Dabei war die Stickstoffeinnahme und die Gesamtnahrungszufuhr schon in der Ruheperiode eine sehr hohe. In den Arbeitstagen wurde die Stickstoffzufuhr kaum, die Gesamtnahrung etwa der Arbeit entsprechend vermehrt. Trotzdem geht die negative Bilanz mit Beginn der Marschperiode in eine positive über, und zwar derart, daß noch am letzten Tage des Versuchs die Tendenz zum Eiweißansatz deutlich vorhanden ist. Bei Müller sowohl wie bei Waldenburg bleibt übrigens das Körpergewicht annähernd unverändert.

Ganz im Gegensatz zu diesen dreien erleidet Kolmer während der gesamten Arbeitsperiode einen dauernden Verlust an Eiweißsubstanz, ein Zeichen dafür, daß seine Ernährung eine unzureichende gewesen ist. Bewirkt wird dies, wie in Kapitel VII ausgeführt, in erster Linie durch die schlechte Resorption der Nahrung. Wir haben es mit den Folgen des Appetitmangels und des geringen Wohlbefindens Kolmers in dieser Zeit zu tun, so daß wir mit Sicherheit behaupten können, daß diese Versuchsreihe ein normales Verhalten nicht widerspiegelt.

Jedenfalls ergibt sich aus den angeführten Versuchen mit Sicherheit, daß Muskelarbeit beim Erwachsenen, selbst bis ins reifere Mannesalter hinauf, Stickstoffretention, d. h. doch wohl Eiweißansatz, bewirkt.

Einfluß mäßiger Höhen auf den Eiweißumsatz. Sehr gering ist unser Wissen darüber, wie ein Gebirgsaufenthalt den Eiweißumsatz beeinflusst. Hier liegen nur zwei Untersuchungen vor. Die eine derselben stammt von Veraguth,⁷⁾ welcher seine Harnstoffausscheidung in Zürich und St. Moritz bei annähernd gleicher Ernährung untersuchte und in St. Moritz in zwei Versuchsreihen, von denen die eine aus dem Jahre 1884, die andere aus dem Jahre 1886 stammt, ein erhebliches Sinken der Harnstoffausscheidung konstatierte. Leider sind seine Versuche aber nicht exakt genug, um als voll beweiskräftig zu gelten.

Dagegen wurde der andere Stoffwechselversuch mit aller Sorgfalt und Genauigkeit durchgeführt. Es handelt sich um den schon wiederholt erwähnten Selbstversuch von A. Jaquet,⁸⁾ welcher seinen Eiweißumsatz in Basel (253 m) mit demjenigen auf dem Chasseral, einem der höchsten Gipfel der Jurakette (1600 m) verglich. Seine Resultate entsprachen denen Veraguths. Auch Jaquet fand in der Höhe von 1600 m eine deutliche Herabsetzung seines Stickstoffumsatzes, also einen Eiweißansatz. Allerdings ist zu bemerken, daß die Stickstoffzufuhr 23.99 g betrug, also eine exorbitant hohe war. Dementsprechend finden wir in den ersten

4 Tagen des Vorversuchs in Basel ein allmähliches Wachsen der Stickstoffausscheidung im Harn, während vom fünften Tage ab die Stickstoffausscheidung eine gleichmäßige wird, im Mittel 19.24 g. Dabei bleibt bei 20.66 g resorbierten Stickstoffs durchschnittlich ein Ansatz von 1.42 g in den letzten Tagen der Baseler Periode. Da aber Jaquet den Stickstoff im Schweiß nicht bestimmte und bei der hohen Temperatur jener Tage die Schweißsekretion eine sehr reichliche war, so wird man mit Jaquet selbst für wahrscheinlich halten, daß diese 1.42 g Stickstoff im Schweiß enthalten gewesen sind, in den letzten Tagen der Baseler Periode also faktisch Stickstoffgleichgewicht bestand. Mit dem Aufstieg auf den Chasseral findet eine sehr deutliche Vermehrung der Stickstoffausscheidung im Harn statt, welche erst am dritten Tage des Aufenthalts wieder verschwindet. Jaquet bezieht diese Vermehrung auf die mit dem Aufstiege verbundene körperliche Anstrengung. Wir werden auf diese Deutung noch später zurückkommen. Dem primären Eiweißverlust, folgt jedoch vom dritten Tage an ein stets wachsender Eiweißansatz, und Jaquet bemerkt ausdrücklich, daß bei der kühlen Temperatur die Schweißsekretion auf dem Chasseral eine äußerst geringe war, so daß hier durch dieselbe ein wesentlicher Irrtum nicht bedingt sein kann. Der Eiweißansatz ist ein außerordentlich hoher, denn er entspricht in den 12 Tagen des Aufenthalts auf dem Berge ca. 600 g Muskelfleisch. Nach Basel zurückgekehrt, trat bei gleicher Ernährung sehr schnell eine Vermehrung der Stickstoffausscheidung ein, so daß bald das Gleichgewicht erreicht wurde. Jaquet macht darauf aufmerksam, daß die in der Höhe stattfindende Neubildung von Blutzellen einen Teil des zurückgehaltenen Eiweißes erfordere. Doch kommt er zu dem Resultate, daß die Eiweißretention viel zu groß sei, um sie durch Blutbildung allein zu erklären, daß vielmehr daneben eine mehr oder minder intensive Neubildung anderer Gewebelemente stattgefunden haben müsse.

Wenn wir nunmehr unsere eigenen Gebirgsversuche betrachten, so bietet schon die erste Periode in Brienz sehr auffällige und für uns völlig unerwartete Resultate. Die einzelnen Teilnehmer der Expedition verhielten sich folgendermaßen:

Wir hatten gesehen, daß Waldenburg in der Vorperiode in Berlin mit einer Zufuhr von 19 g Stickstoff und 49 W.E. pro Kilo Körpergewicht sich nicht ins Stickstoffgleichgewicht setzte. In Brienz betrug seine Stickstoffeinnahme wesentlich weniger, nämlich 17.5 g, während die Energiezufuhr in der Nahrung nur um etwa 8% gegenüber Berlin gesteigert war, sie betrug 53 W.E. pro Kilo Körpergewicht. Trotzdem zeigt sich vom ersten Tage ab bei dem Brienzer Aufenthalt ein Sparen von stickstoffhaltiger Substanz. Der Ansatz erreicht am dritten Tage sein Maximum, um dann langsam zu sinken, doch beträgt er noch am letzten (sechsten) Tage dieser Periode 1.71 g, ist also vom Stickstoffgleichgewicht noch weit entfernt. Der Gesamteiweißansatz dieser Periode würde bei Waldenburg etwa 310 g Muskelfleisch entsprechen.

Kolmers Nahrung war im Gegensatze zu derjenigen Waldenburgs in Brienz erheblich eiweiß- und energiereicher als in der Berliner Ruheperiode — 18.47 g Stickstoff gegenüber 12.21 g, 49 W.E. pro Kilo Körpergewicht gegen 40. Dennoch zeigt er nur einen sehr geringen Eiweißansatz, aber wir müssen, um zu einer richtigen Deutung der Werte Kolmers zu gelangen, einige Betrachtungen anstellen.

Da finden wir zunächst, daß die Stickstoffausscheidung im Harn am ersten Tage des Versuches in Brienz eine außerordentlich hohe ist. Sie beträgt 18.72 g, während sie im Durchschnitt der übrigen Tage nur 16.41 g ausmacht. Nun ist es eine leicht verständliche Tatsache, daß der erste Tag eines Stoffwechselversuches mit bestimmter Ernährung noch unter der Einwirkung der Nahrungsaufnahme der vorhergehenden Tage steht, und es ergibt sich also aus dem hohen Eiweißumsatze Kolmers am 5. August, daß seine Ernährung in der vorhergehenden Zeit eine beträchtlich eiweißreichere war als in der Versuchsperiode. Wir müssen daher, wenn wir die Wirkung des Brienzer Aufenthaltes klar ersehen wollen, diesen Tag aus der Betrachtung streichen. Auch der Eiweißverlust am 7. August ist durch Nebenumstände herbeigeführt. An diesem Tage wurde nämlich der erste mißglückte Schwimmversuch unternommen. Hierbei war Kolmer genötigt, sich längere Zeit bei hohem Wellengang unter erheblicher Kraftanstrengung im Wasser zu behaupten, und es trat nach dem Versuche großes Müdigkeitsgefühl, verbunden mit starkem Frösteln ein. Derartige Zustände führen aber zu einer Vermehrung des Stoffzerfalls, welcher sich auch in der Stickstoffbilanz deutlich bemerkbar zu machen pflegt. Doch zeigte sich am nächsten Tage eine starke Eiweißsparung. Da nun jeder Verlust die Tendenz zur Sparung setzt, so wollen wir trotz der angeführten Bedenken den 7. August mit in Rechnung stellen. Selbst dann aber ergibt sich auch für Kolmer ein Eiweißansatz in der ersten Brienzer Periode, welcher allerdings keineswegs groß ist. Daß er sich in engen Grenzen hält, ist dadurch zu erklären, daß Kolmer während des letzten Semesters sich in Bern, also etwa in gleicher Höhenlage, aufgehalten hatte. Die beiden letzten Tage zeigen negative Bilanz. Diese wird vielleicht bewirkt durch die ersten Marschversuche, welche bei starker Hitze ausgeführt wurden. Marsch bei Hitze vermag, wie Zuntz und Schumburg⁸⁾ nachgewiesen haben, den Eiweißzerfall wesentlich zu steigern.

Bei Caspari wiederum tritt der Eiweißansatz sehr deutlich hervor. Die Stickstoffzufuhr betrug 16.9 g, der Brennwert der resorbierten Nahrung 46 W.E. pro Kilo Körpergewicht. Eiweiß- und Gesamtnahrung waren also nicht unerheblich geringer als bei Waldenburg und Kolmer. Dennoch zeigt Caspari dasselbe Verhalten wie Waldenburg; im ganzen spart er während der 6 Tage 5.22 g Stickstoff = 157 g Muskelfleisch, und es ist besonders bemerkenswert, daß diese Sparung gegen Ende des Versuches noch im Wachsen begriffen zu sein scheint. Dabei erfolgt aber eine kontinuierliche Abnahme des Körpergewichts, so daß Caspari am Ende der ersten Periode ca. 500 g an Gewicht eingebüßt hat, welche nach den Auseinandersetzungen in Kapitel III im wesentlichen auf Fett zu beziehen sind.

Geringer noch als bei Caspari sind Eiweiß- und Nahrungszufuhr bei Müller (16 g Stickstoff und 39 W.E. pro Kilogramm Körpergewicht). Aber auch er zeigt einen zweifellosen Ansatz von Eiweißsubstanz, der bis zum letzten Tage dieser Periode anhält bei gleichzeitiger Abnahme des Körpergewichts.

Ähnlich wie Kolmer zeigt Loewy am ersten Versuchstage eine erheblich höhere Stickstoffausscheidung im Harn als an allen folgenden Tagen. Dennoch ist auch bei ihm der Eiweißansatz sehr ausgesprochen, ohne daß von überschüssiger Ernährung die Rede sein kann.

Bei Zuntz fällt der Harn der beiden ersten Tage aus, doch findet sich an den folgenden, dem 7. und 8. August, ein deutlicher Ansatz, was bei dem höheren Alter von Zuntz besonders bemerkenswert ist. Am 9. und 10. finden wir ganz wie bei Kolmer einen Eiweißverlust, welcher durch die ersten Marschversuche in großer Hitze seine Erklärung findet. Es wird dadurch der Eiweißansatz vom 7. und 8. fast völlig ausgeglichen.

Am reinsten tritt die Wirkung des Brienzer Aufenthalts am 7. August hervor, denn an diesem Tage waren alle bereits ganz eingelebt und die unruhige Zeit der Laboratoriumseinrichtung war verflossen. Auch hielten wir uns an diesem Tage zum ersten Male längere Zeit im Freien auf, waren also den klimatischen Einwirkungen in erheblichem Maße ausgesetzt. Dabei war der Aufenthalt im Freien nicht mit Anstrengungen verknüpft, man ruderte eine Zeitlang mit mäßiger Geschwindigkeit und erging sich in ruhigem Spaziergang. Es tritt nun der Eiweißansatz gerade an diesem Tage in auffälliger Weise hervor. Vier Personen kommen hier für die Vergleichung in Betracht. Kolmer und Loewy scheiden nämlich aus, weil für Kolmer, wie oben erwähnt, durch den Schwimmversuch abnorme Bedingungen gesetzt waren; Loewys Harn vom 7. August ist leider verloren gegangen. Es stellt sich nun heraus, daß bei den vier Personen: Waldenburg, Caspari, Müller und Zuntz der 7. August einen besonders starken Eiweißansatz zeigt und zwar bei dreien derselben: Waldenburg, Caspari und Zuntz, den größten der ganzen Periode. Bei Waldenburg wurden 3.12 g Stickstoff angesetzt, gegen einen durchschnittlichen Ansatz von 1.78 g während dieser Periode, bei Caspari 2.23 g gegen einen Durchschnittsansatz von 0.87 g, bei Müller 1.73 g gegen 0.93 g und bei Zuntz 1.39 gegen einen durchschnittlichen Ansatz von nur 0.04 g Stickstoff.

Es ergibt sich also die überraschende Tatsache, daß schon der Aufenthalt in 500 m Höhe eine deutliche Einwirkung auf den Eiweißumsatz hat und zwar derart, daß in individuell schwankenden Grenzen eine deutliche Tendenz zum Eiweißansatz hervortritt. Dies ist deswegen so merkwürdig, weil man bisher nicht annahm, daß schon so geringe Höhen eine deutlich eingreifende Wirkung hervorbringen.

Allerdings haben wir in Kapitel VI eine Tatsache kennen gelernt, welche zeigt, daß ganz niedrige Höhen bereits einen Einfluß auf den Organismus ausüben. Wir hatten dort in der Zusammenstellung auf S. 176 gesehen, daß in Erhebungen von 4—500 m die Blutbildung schon merklich angeregt wird. Mit dieser Tatsache steht auch vorliegender Befund in schönster Harmonie. Wir stehen hier einer Tatsache gegenüber, welche uns einen zahlenmäßigen Beleg für die regenerierende Wirkung der Sommerfrische in den Bergen darbietet, denn es ist doch wohl anzunehmen, daß auch das Mittelgebirge in gleichen Höhenlagen ähnliche Wirkungen hervorbringt. Ob auch dem Seeklima ein solcher Einfluß auf den Organismus, den wir doch zweifellos als einen außerordentlich günstigen anzusehen haben, zukommt, ist bisher noch nicht untersucht worden.

Am 12. August fuhren Kolmer, Müller und Loewy auf das Brienzer Rothorn hinauf. Dort oben verbrachten sie dann vom 12. bis 14. August drei Tage der

Ruhe. Es ergibt sich nun für Kolmer und Müller das sehr merkwürdige Resultat, daß ihre Eiweißbilanz sich unter der Einwirkung des Höhenwechsels um ca. 1700 m vollkommen ändert. Bei Kolmer sowohl wie bei Müller besteht in den ersten Tagen eine deutliche Steigerung der Stickstoffausscheidung. Sie übertrifft die Einnahme, die Bilanz wird negativ. Dieser Befund stimmt in beachtenswerter Weise überein mit demjenigen Jaquets nach der Ankunft auf dem Chasseral. Jaquet macht für die erhöhte Eiweißzersetzung die Anstrengung des Aufstiegs verantwortlich. Da in unserem Falle die Bahn benutzt wurde, um den Gipfel des Rothorns zu erreichen, so kann für uns dieses Moment nicht zur Erklärung herangezogen werden. Es scheint, als sollte man nunmehr im Anschluß an unsere Erfahrung aus den Jaquetschen Ergebnissen eine andere Folgerung ziehen und seinen primären Eiweißzerfall einer spezifischen Reizwirkung der größeren Höhen zuschreiben. Es ist diese Erklärung eigentlich auch plausibler als die Annahme, daß die Arbeit des Aufstiegs auf die Höhe von ca. 1600 m einen mehrtägigen Eiweißverlust zur Folge haben sollte. Daß später bei Jaquet, ohne daß ein neues Reizmoment in Gestalt rationeller Muskeltätigkeit hinzukommt, ein wachsender Eiweißansatz stattfindet, spricht nicht gegen diese Deutung. Es ist eine physiologische Erfahrung, daß ein Moment, das zunächst eine schädigende Wirkung auf den Organismus ausübt, gerade dadurch denselben zu einer Kompensation, oft zu erheblicher Überkompensation, reizt. Auch bei ungewohnter Muskularbeit kommen ähnliche Erscheinungen zur Beobachtung, wie besonders aus dem Versuche Casparis an der gemästeten Hündin hervorgeht. Dort ging dem gesteigerten Stickstoffansatz ein vermehrter Zerfall voraus. Übrigens zeigt auch Kolmer ein ähnliches Verhalten wie Jaquet, denn am dritten Tage des Aufenthalts findet sich bei ihm bereits eine stark positive Bilanz, ohne daß bis dahin das Moment der Muskularbeit hinzugekommen wäre. Bei Müller allerdings dauert der Eiweißverlust am letzten Tage der Ruheperiode, am 14. August, noch an.

Anders wie Kolmer und Müller verhält sich Loewy. Bei ihm fehlt die Steigerung des Stickstoffzerfalls. Es setzt sich der in Brienz beobachtete Eiweißansatz oben ohne Unterbrechung fort, und zwar in etwas verstärktem Maße. Dabei ist zu bemerken, daß Stickstoff- und Kalorienzufuhr geringer waren als in der Brienzer Periode.

In der Periode II b vom 15. bis 18. August tritt nun zu der reinen Einwirkung der Höhe von 2200 m die Marscharbeit und hier zeigt sich sofort bei allen drei Personen eine erhebliche Eiweißsparung. Dieselbe ist so stark, evident und eindeutig, daß von einem Zufall keine Rede sein kann. Am stärksten tritt der Eiweißansatz bei Kolmer hervor, dem jugendlichsten Mitglied dieser Gruppe. Er erreicht hier in den vier Tagen 7 g Stickstoff, entsprechend etwa 210 g Muskelfleisch und steht damit etwa in gleicher Größenordnung wie der Jaquets bei dem Aufenthalt auf dem Chasseral, wo er in zwölf Tagen etwa 600 g Muskelfleisch betrug. Dabei war in dieser Periode der „kleinen Märsche“ die Zufuhr bei Kolmer nur um 0.6 g Stickstoff pro Tag, der Brennwert der Nahrung, dem Mehrbedarf knapp entsprechend um ca. 500 W.E. gesteigert.

Auch bei Loewy ist die Steigerung der Ansatz tendenz bei Kombination von Muskularbeit und Höhenklima deutlich, denn in der Ruheperiode zeigte Loewy schon

eine Annäherung zum Stickstoffgleichgewicht. Mit dem ersten Tage der Marschperiode geht der Eiweißansatz etwa um das Doppelte in die Höhe, um dann derartig anzusteigen, daß der letzte Tag dieses Versuchsabschnitts den stärksten Ansatz mit 1.06 g Stickstoff bringt.

Analog folgt bei Müller auf die negative Bilanz vom 12. bis 14. eine deutlich positive vom 15. bis 17 August. Doch ist bei ihm die Wirkung wesentlich schwächer; es stellt sich schließlich Stickstoffgleichgewicht ein. Das abweichende Verhalten Müllers erklärt sich aus einer interessanten Tatsache, die in Kapitel XV näher beleuchtet werden wird. Müllers Körpertemperatur stieg nämlich während der Märsche höher an als die seiner beiden Gefährten. Es ist bekannt, daß mit erhöhter Körpertemperatur ein vermehrter Eiweißzerfall einhergeht, der nach den Beobachtungen von Linser und Schmid^{5a)} allerdings erst über 38° C. beginnt. Müllers Körpertemperatur lag aber in der Tat während der Märsche zwischen 38 und 39°. In der folgenden Periode der „großen Märsche“ macht sich dies Moment naturgemäß in erhöhtem Maße geltend.

Es sind also bei dem Aufenthalt in der Höhe von 2200 m und der Kombination dieses Höhengaufenthalts mit mittlerer Muskelarbeit quantitative Unterschiede in der Reaktion des einzelnen deutlich ersichtlich. Diese erhalten sich auch, als nunmehr starke Muskelleistungen vom 19. bis 23. August eintreten. Hier schwankt die Stickstoffbilanz bei Loewy und Müller um das Gleichgewicht. Ersterer hält sich fast konstant auf seinem Eiweißbestande, ja, er hat vielleicht noch eine geringe Tendenz zum Ansatz aufzuweisen. Der Organismus von Müller dagegen scheint bereits an der Grenze des Gleichgewichts angelangt zu sein, besonders wenn man bedenkt, daß der Umsatz vom 19. August zweifellos noch unter der Einwirkung der „Periode der kleinen Märsche“ gestanden hat.

Bei dem jugendfrischen, muskulösen Kolmer dagegen dauert auch während der großen Märsche der Eiweißansatz unentwegt fort und beträgt in den fünf Tagen noch 4.3 g Stickstoff = ca. 129 g Muskelsubstanz. Ob bei diesem günstigeren Verhalten Kolmers der Umstand entscheidend ist, daß er allein während des ganzen Sommers in größeren und kleineren Hochtouren seinen Organismus an Höhengaufenthalt und muskuläre Kraftleistungen gewöhnt hatte, die Marschleistung ihn also nicht anstrengte, oder ob die Gesamtkonstitution dieses jungen Mannes, der zweifellos der Leistungsfähigste unter uns war, das ausschlaggebende Moment ist, mag dahingestellt bleiben. Jedenfalls war er auch derjenige, der seine Körpertemperatur bei den Märschen am konstantesten bewahrte.

Interessant ist noch, daß bei Loewy und Müller in dieser Zeit das Körpergewicht unverändert bleibt, während Kolmer trotz seines Eiweißansatzes an Gewicht verliert, so daß wir hier wohl wiederum die Kombination von Eiweißansatz und Fettverlust annehmen müssen, welche so evident in dem einen Versuch von Atwater und Benedikt und in demjenigen von Caspari hervortritt und ja auch durch die praktische Erfahrung mannigfaltig bestätigt wird.

Kehren wir nunmehr nach Brienz zurück, so finden wir bei der zweiten Gruppe, Zuntz, Caspari, Waldenburg, die Einwirkung der Muskelarbeit ohne Änderung der Höhenlage. Zunächst folgte auch hier die Periode „der kleinen Märsche“. Wir

hatten gesehen, daß in der Briener Ruheperiode Waldenburg und Caspari eine deutliche, Zuntz eine geringere Tendenz zur Eiweißspargung zeigen. Die Eiweißspargung dauert nun bei Waldenburg und Caspari weiter an und wird durch das Eintreten des neuen Sparungsreizes unterhalten. Selbst in der Periode „der großen Märsche“ bleibt sie bei Waldenburg unvermindert, ja, die beiden letzten Tage des Briener Aufenthalts, der 21. und 22. August, bieten bei ihm ganz besonders hohe Werte, 2.18 bzw. 2.73 g Stickstoff. Bei Caspari ist in der gleichen Zeit das Resultat nicht so eindeutig, da, wie in Kapitel IV erwähnt, Unregelmäßigkeiten infolge einer Fußverletzung und der dadurch notwendigen Schonung eintraten. Doch ist die Gesamtbilanz bei Caspari in dieser Periode positiv.

Die Eiweißansatz Tendenz der in Brienz zurückgebliebenen Personen gruppiert sich nach ihrem Alter. Der jugendliche Waldenburg zeigt die größte Sparung, welche während seines gesamten Briener Aufenthalts, vom 5. bis 22. August, ca. 950 g Muskelfleisch beträgt. Dabei verliert er an Körpergewicht 420 g, so daß ein erheblicher Fettverlust während des Eiweißansatzes bestanden haben muß. In geringerem Maße zeigt sich dasselbe bei Caspari, er setzt etwa 512 g Fleisch an bei 180 g Gewichtsverlust. Am wenigsten tritt die Tendenz zum Ansatz bei Zuntz hervor, der mit 54 Jahren das älteste Mitglied unserer Expedition war. In der Periode der „kleinen Märsche“ kann er das Stickstoffgleichgewicht nicht behaupten. Doch haben wir für dieses Verhalten eine hinreichende Erklärung. Am 16. August war er nämlich durch Rückenschmerzen und wund gelaufene Füße geplagt, und am 17. zu ruhigem Verhalten gezwungen. Wir wissen aber aus den Versuchen von Zuntz und Schumburg, wie sehr auch geringfügige derartige Momente den Verbrauch steigern. Ferner war die Nahrungszulage für die Marschleistung nicht völlig ausreichend. Daß diese Gesichtspunkte den Verlust während der kleinen Märsche zutreffend erklären, ergibt sich daraus, daß in der Periode der „großen Märsche“, wo weit erheblichere Anforderungen an den Organismus gestellt wurden, das Gleichgewicht wiederum erreicht wird.

Es folgt nunmehr der III. Versuchsabschnitt, in welchem beide Gruppen ihren Aufenthaltsort vertauschen, Zuntz, Caspari und Waldenburg fahren zum Gipfel des Rothorn, Loewy, Kolmer und Müller kehren nach Brienz zurück. In der Periode der großen Märsche war die Talgruppe wiederholentlich bis zum Gipfel aufgestiegen, so daß nunmehr angenommen werden konnte, daß diese drei für die Höhe des Rothorns bereits einigermaßen trainiert waren. Es war ja auch gerade die Absicht gewesen, die Wirkung dieses Trainings kennen zu lernen, und diese blieb nicht aus. Bei keinem dieser zweiten Gruppe stellte sich primärer Eiweißzerfall ein, wie ihn Kolmer, Müller und auch Jaquet gezeigt haben. Bei Waldenburg und Caspari besteht weiterhin ein nicht unbeträchtlicher Ansatz, Zuntz verharrt im Gleichgewicht. Es sei bemerkt, daß sich analoge Differenzen zwischen beiden Gruppen auch bei anderen körperlichen Funktionen aussprechen, speziell im Verhalten des Pulses und der Körpertemperatur (Kapitel XII und XV).

Nachwirkung des Aufenthaltes in mittleren Höhen. An der Höhen-
gruppe können wir gleichzeitig bei der Rückkehr zu Tal die Nachwirkung des

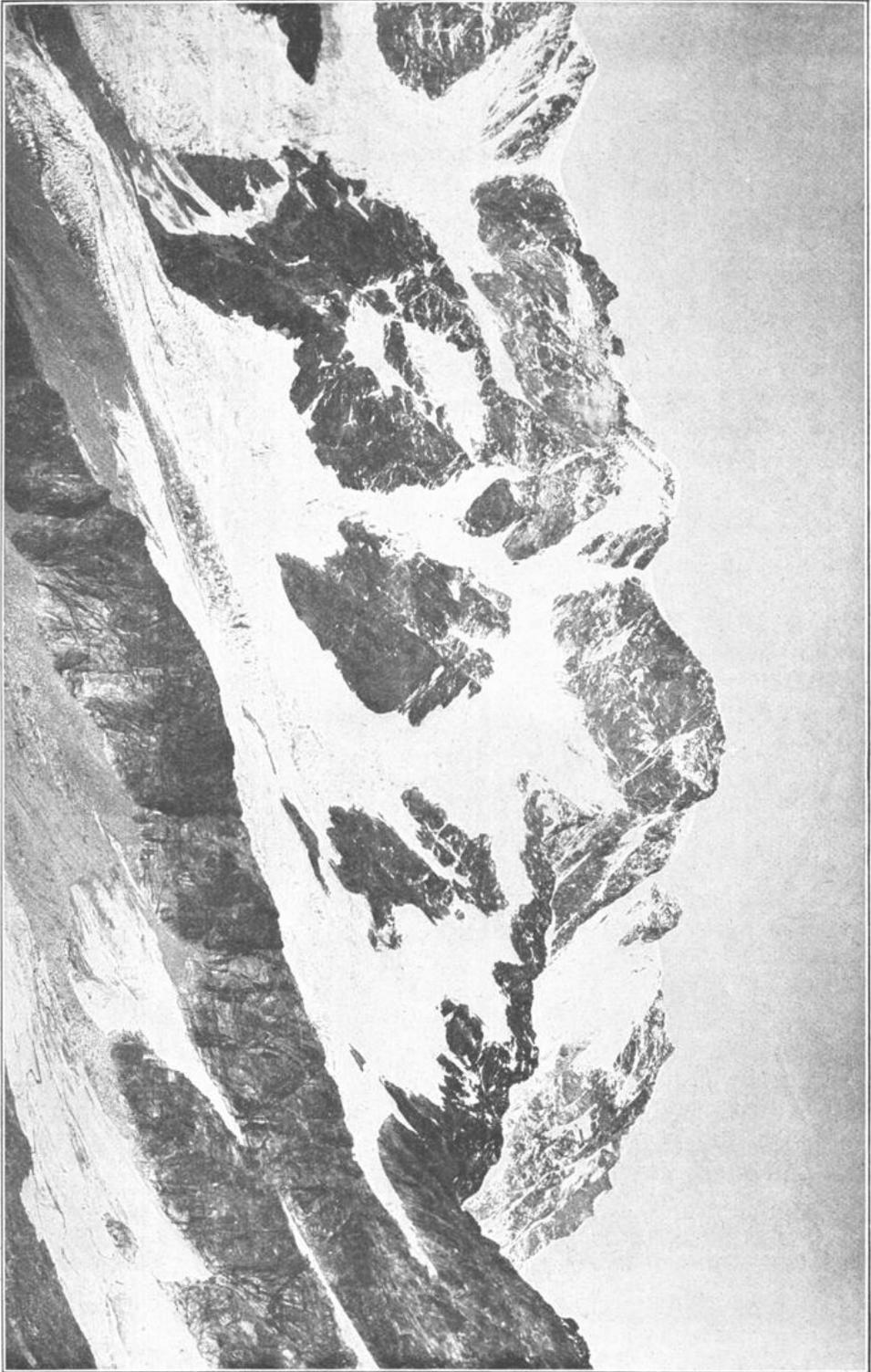
Aufenthalts in einer Höhe von 2200 m feststellen. Das Resultat ist eindeutig und praktisch von hoher Wichtigkeit. Hier zeigen wieder alle drei einen Eiweißansatz, wenn auch in individuell verschiedenem Maße. Am deutlichsten prägt er sich bei Kolmer aus. Er ist viel beträchtlicher als in der letzten Rothornperiode, obgleich die eiweißsparende Wirkung der Muskelarbeit in Wegfall kommt. Aber er ist bemerkenswerterweise auch erheblich höher als in der ersten Briener Periode, also unter sonst gleichen Umständen. Die inzwischen erfolgte Anreicherung des Körpers an Eiweiß war an sich geeignet die Tendenz zum Ansatz zu mindern. Loewy, der sich in der letzten Periode auf dem Rothorn im Gleichgewicht befunden hatte, zeigt ebenfalls einen deutlichen, wenn auch wesentlich niedrigeren Ansatz als Kolmer, und selbst bei Müller, der in den letzten Tagen auf dem Rothorn sein Stickstoffgleichgewicht nur noch knapp behauptete, tritt als Nachwirkung eine Eiweißsparung hervor. Bemerkenswert ist, daß Jaquet nach der Rückkehr vom nur 1600 m hohen Chasseral nach Basel eine solche Tendenz nicht feststellen konnte.

Einfluß großer Höhen: 2900—4560 m. Es folgte die Reise ins Monte Rosa-Gebiet und der Aufstieg zu größeren Höhen. Müller und Waldenburg schlugen ihr Standquartier auf dem Col d'Olen in etwa 2900 m Höhe auf. Hier zeigte Müller in den ersten Tagen einen nicht unerheblichen Eiweißverlust, viel stärker, als in den ersten Tagen seines Rothornaufenthalts. Das spricht in dem Sinne, daß Akklimatisation für eine bestimmte Höhe die Einwirkung des Aufenthalts in größeren Höhen nicht aufhebt, eine Tatsache, welche auch praktisch häufig beobachtet worden ist und in dem Kapitel über die Bergkrankheit des weiteren berührt werden wird. In den letzten drei Tagen des Aufenthalts auf dem Col d'Olen setzt sich Müller ins Stickstoffgleichgewicht, doch ist am Schlusse dieses Versuchsabschnittes der primäre Verlust noch nicht wieder ausgeglichen. Dabei muß bemerkt werden, daß Appetit und Nahrungsaufnahme bei Müller ungestört waren.

Waldenburg dagegen fährt unentwegt fort, Eiweißsubstanz an seinem Körper anzusetzen. War in den beiden letzten Tagen des Aufenthalts auf dem Rothorn die positive Bilanz auf 0.52 bzw. 0.99 g Stickstoff heruntergegangen, so schnellte sie auf dem Col d'Olen wiederum zu der stattlichen Höhe von 1.81 g empor. Es tritt zwar dann ein allmählicher Abfall ein, doch beträgt der Gesamtansatz in dieser fünftägigen Periode bei Waldenburg immerhin noch über 100 g Muskelfleisch. Gleichzeitig verliert er etwa 500 g an Körpergewicht, so daß wir auch hier wiederum Eiweißansatz und Fettverlust kombiniert vor uns sehen.

Für Müller war also wohl auf dem Col d'Olen die obere Grenze der Höhenregion überschritten, in welcher es zu der charakteristischen Vermehrung des Organeißweißes kommt. Waldenburg befindet sich in 2900 m Höhe noch innerhalb dieser Grenze.

Die andern vier Teilnehmer der Expedition stiegen zum Gipfel des Monte Rosa empor und wurden, wie erzählt, Opfer der Bergkrankheit. Bei der herabgesetzten Nahrungsaufnahme und dem enorm gesteigerten Verbrauch des Organismus kann es nicht wundernehmen, daß alle Teilnehmer einen erheblichen Verlust an Eiweiß und Körpergewicht darboten.



Lyskamm

Vincent-
pyramide

+ Punkt,
auf dem die
Margherita-
Hütte liegt
Punta
Gnifetti

Zumstein-
spitze

Nordend

Monte Rosa-Gruppe von Süden, unterhalb Col d'Olen gesehen.

Phot. Vittorio Sella, Biella.

Am geringsten ist derselbe bei Zuntz, der auch hier, gegenüber den schädlichen Einwirkungen des Klimas, mit besonderer Hartnäckigkeit seinen Eiweißbestand behauptet, und dem es als einzigem Mitglied dieser Gruppe gelang, am Schlusse des siebentägigen Aufenthaltes in 4600 m Höhe sich wieder ins Stickstoffgleichgewicht zu setzen. Doch war sein Eiweißverlust immerhin recht beträchtlich, was mit der wiederholt nachgewiesenen Tatsache harmoniert, daß Atemnot und Sauerstoffmangel den Eiweißzerfall vermehren. Der Stickstoffverlust von Zuntz betrug während seines Aufenthaltes auf dem Monte Rosa 8.67 g, entsprechend einem Fleischverlust von etwa 260 g. An Körpergewicht verlor er, die Tage des Aufstieges mitgerechnet, 1.59 kg. Daraus folgt, daß neben Eiweiß auch sicher noch Fett und Glykogen in Verlust gingen.

Bei allen anderen ist der Eiweißverlust wesentlich größer. Bei Loewy beträgt er vom Aufbruche von der Gnifetti-Hütte an 18.98 g Stickstoff, gleich einem Fleischverlust von ca. 570 g. Sein Gewichtsverlust gegenüber der letzten Talwägung ist 1.015 kg. Der Fettzerfall ist also bei ihm geringer als bei Zuntz.

Bei Kolmer beträgt der Stickstoffverlust während des Aufstieges von Gressoney bis zur Gnifetti-Hütte 0.93 g = ca. 28 g Fleisch. Der Verlust auf dem Gipfel des Monte Rosa macht weitere 23.48 g, also etwa 704 g Fleisch aus. Im ganzen kosteten somit Aufstieg und Aufenthalt auf dem Monte Rosa über 732 g Muskelfleisch, wobei noch zu bedenken ist, daß der Harn während des Aufstieges von der Gnifetti-Hütte bis zur Capanna Regina Margherita nicht gesammelt wurde, der Verlust also im ganzen noch größer gewesen sein muß. Die gesamte Gewichtsabnahme seit der letzten Wägung in Gressoney betrug 1.9 kg. Bei Kolmer traten die Erscheinungen der Bergkrankheit am stürmischsten auf, aber sie besserten sich vom dritten Tage des Aufenthaltes auf der Gipfelhütte an. Analog steigt der Eiweißumsatz bis zum dritten Tage an und sinkt dann deutlich ab, obgleich in den letzten Tagen eine weit erheblichere Muskelarbeit bei dauernd ungenügender Ernährung statthatte.

Am hartnäckigsten war Caspari von der Bergkrankheit befallen; dementsprechend ist auch bei ihm Eiweiß- und Gewichtsverlust am stärksten. Der Stickstoffverlust betrug allein in den 6 Tagen des Aufenthaltes auf dem Gipfel 33.76 g, gleich einem Fleischverlust von über 1 kg. An Körpergewicht büßte Caspari in der Zeit vom Aufbruche von Gressoney bis zum Abstiege von der Capanna Regina Margherita 3.755 kg ein, wovon allein auf die 6 Tage des Gipfelaufenthaltes 2.56 kg entfallen. Auch bei ihm macht sich eine allmähliche Besserung des Befindens bemerkbar und dementsprechend sinkt der Eiweißverlust vom 4. September ab stetig. Er beträgt am 4. IX. 9.08 g Stickstoff, am 8. IX. nur noch 2.97 g. Am 9. IX., dem letzten Tage des Aufenthaltes auf dem Monte Rosa-Gipfel, schnell er wiederum zur Anfangshöhe empor, so daß die negative Bilanz dieses Tages 8.90 g Stickstoff entspricht. Dabei hatte sich der Appetit am 9. gegenüber dem 4. IX. wesentlich gehoben, so daß die Stickstoffaufnahme in der Nahrung am 9. immerhin 5.25 g ausmachte, gegenüber 3.91 g am 4. IX.

Einen solchen Eiweißverlust, wie ihn Caspari am 4. und 9. IX. aufweist, kennen wir sonst nur bei Hungerversuchen. Doch ist mit den Eiweißverlusten, wie

sie in ähnlicher Größe etwa die Hungerer Cetti, Breithaupt und Succi aufwiesen, nur der erste Tag des Monte Rosa-Aufenthaltes zu vergleichen. Für den kolosalen Eiweißverlust am 9. IX. wissen wir aus der menschlichen Physiologie kein Analogon. Stets sehen wir beim Hungernden ein allmähliches Absinken des Eiweißverbrauches, niemals ein erneutes sprunghaftes Ansteigen. Und trotzdem war die Nahrungsaufnahme Casparis an diesem Tage zwar durchaus ungenügend, immerhin aber nicht gleich Null. Er resorbierte etwa 24 g Eiweiß, 58 g Fett und über 1400 Wärmeeinheiten. Nur bei Tieren, bei denen man den Hungerzustand bis zum Tode durchführte, ist in den letzten Tagen, welche dem Ende vorausgingen, ein ähnliches sprunghaftes Ansteigen des Eiweißzerfalles beobachtet worden, und man hat dasselbe daher als „prämortale Stickstoffsteigerung“ bezeichnet.

Wenn wir annehmen, daß der Zustand Casparis mit der prämortalen Stickstoffsteigerung in der Tat in Parallele zu setzen ist, so ergeben sich für die Erklärung der prämortalen Stickstoffsteigerung vielleicht nicht ganz uninteressante Gesichtspunkte. Man hatte früher angenommen, dieselbe sei dadurch bedingt, daß im Moment ihres Eintrittes das Fett des Organismus vollkommen verbraucht wäre, so daß nunmehr das bis dahin sorgfältig gesparte Eiweißmaterial als Kraftquelle herangezogen werden müsse und in Masse im Umsatz erscheine. Fr. N. Schulz⁶⁾ hat festgestellt, daß diese Deutung nicht richtig sein kann, da bei seinen Versuchstieren nachweislich noch nicht alles Fett aufgebraucht war. Bei Caspari kann sicherlich ein völliger Fettverzehr zur Erklärung des kolossalen Eiweißzerfalles nicht herangezogen werden. Allerdings betrug sein Gewichtsverlust seit dem Beginn des Versuches überhaupt 4.765 kg, während er von vornherein ein mageres Individuum war. Caspari⁴⁾ selbst hat aber später einen Stoffwechselversuch an einem Hauptmann H. angestellt, der sich lediglich von Früchten nährte. Dieser Stoffwechselversuch erstreckte sich in ununterbrochener Reihenfolge über 76 Tage. Der Hauptmann H. war schon zu Beginn des Versuches weit magerer, als es Caspari je war. Sein Körpergewicht betrug nur 50.27 kg, während dasjenige Casparis bei annähernd gleicher Körpergröße 65 kg ausmachte. Herr H. aber nahm im Laufe des Versuches noch 13 kg ab und zeigte eine dauernde Einschränkung seines Eiweißzerfalles, niemals aber ein so plötzliches Anwachsen des Eiweißumsatzes, wie wir es an diesem Tage bei Caspari sahen.

Auch der zweite Erklärungsversuch des prämortalen Eiweißzerfalles hat außerordentlich wenig Wahrscheinlichkeit. Ihm zufolge sind die Gewebe so schwer geschädigt, daß sie die Fähigkeit, Fett zu zersetzen, verloren haben. Caspari nahm an dem betreffenden Tage 67 g Fett auf. In dem Kote während des gesamten Monte Rosa-Aufenthaltes fanden sich 46 g Fett, so daß unbedingt an diesem Tage Fett resorbiert sein muß. Es ist aber nicht anzunehmen, daß, wenn die Darmzellen die Fähigkeit behalten, das Fett zu zerlegen, die Gewebszellen durchweg die Fähigkeit verloren haben sollten, dasselbe zu verbrennen. Unzweifelhaft wurde auch noch Fett verbrannt. Denn die Körperleistungen erforderten wenigstens 2000 Wärmeeinheiten, das umgesetzte Eiweiß lieferte aber nur 343.

Dagegen gewinnt die dritte Theorie der prämortalen Stickstoffsteigerung durch den Vorgang, wie wir ihn bei Caspari beobachteten, eine wesentliche

Stütze. Diese Theorie besagt, daß die prämortale Steigerung des Eiweißzerfalls durch eine Art Selbstvergiftung (Autointoxikation) bewirkt werde. Es ist äußerst wahrscheinlich, daß es sich bei Caspari um einen solchen Intoxikationszustand gehandelt hat, welcher durch die mangelhaft verbrannten und in den Geweben aufgespeicherten Abbauprodukte von Eiweißsubstanzen hervorgerufen wurde. Auf das Auftreten derartiger Substanzen unter der Einwirkung des Hochgebirgsklimas werden wir ja des öfteren durch unsere Erfahrungen hingewiesen.

Anomalien des Eiweißabbaus in der Höhe. Daß der Abbau des Eiweißes bei uns allen auf dem Monte Rosa gestört war, geht sehr klar aus der Betrachtung der „kalorischen Quotienten des Harns“ während der Monte Rosa-Periode hervor. Unter „kalorischem Quotienten des Harns“ versteht man die Wärmemenge, welche der Harn pro Gramm Stickstoff enthält, also den Quotienten $\frac{W.E.}{N}$.

Der kalorische Quotient ist zunächst abhängig von der Ernährung derart, daß er bei den Fleischfressern am niedrigsten ist, daß er beim Menschen um so höher wird, je kohlehydratreicher die Kost gewählt ist, um schließlich bei Rohkost-Vegetariern recht hohe Werte zu zeigen. Die höchsten Werte finden sich bei den Pflanzenfressern. Hierüber möge folgende kleine Tabelle einen Überblick geben:

Kalor. Quotient	Tierart bezw. Nahrung	Autor
6.69 7.45	} Hund	Rubner
8.45 8.65 8.58—10.54 8.25 8.77 8.81 11.30—13.20	Mensch: fettarme Kost fettreiche Kost " " gemischte Kost " " " " kohlehydratreiche Kost	} Rubner Tangl Loewy Caspari Zuntz Tangl
13.73 9.98 13.28 10.50 13.47 18.90 23.66	vegetar. Diät, Herr K. " " Frau K. } vegetar. Diät, Hauptm. H.	} Caspari u. Gläßner Caspari
31.7 33.2	} Rind	Kellner

Das Verhalten unserer kalorischen Quotienten geht aus der auf S. 286 folgenden Zusammenstellung hervor.

Auffällig ist in dieser Zusammenstellung, daß bei Müller und Loewy die Werte für die ersten Tage in Brienz besonders hoch liegen. Deutlich ist ferner die

Steigerung der kalorischen Quotienten des Harns bei fast allen in der Periode der großen Märsche. Nur Müller macht hier eine Ausnahme.

Gruppe I				Gruppe II			
Ort u. Beschäftigung	Kolmer	Müller	Loewy	Ort u. Beschäftigung	Waldenburg	Caspari	Zuntz
Brienz. Lab.-Arbeit	7.606	9.852	9.116	Brienz. Lab.-Arbeit	7.762	8.980	8.710
Brienz. Marschversuche	7.568	8.517	7.902	Brienz. Marschversuche	8.633	—	—
Rothorn, kl. Märsche	7.748	8.015	8.021	Brienz. kl. Märsche	8.636	9.135	—
Rothorn, gr. Märsche	8.040	8.088	8.638	Brienz. gr. Märsche	9.168	10.835	9.044
Brienz. Lab.-Arbeit	7.794	7.747	8.469	Rothorn	8.578	8.483	8.579
Mittel	7.751	8.244	8.429	Mittel	8.555	9.358	8.778

Die Werte auf dem Monte Rosa liegen nun bei allen vier Mitgliedern der Gipfelgruppe erheblich über dem Durchschnitt, während auf dem Col d'Olen weder bei Müller noch bei Waldenburg eine Steigerung zu bemerken ist.

So finden wir bei Zuntz:

Kalor. Quotient in Brienz und auf dem Rothorn im Mittel aller Perioden	8.778
„ „ am 2. IX. während des Aufstiegs zum Monte Rosa	9.382
„ „ am 6. und 7. IX.	10.009
„ „ am 8. und 9. IX.	9.039

Ähnlich bei Loewy:

Kalor. Quotient in Brienz und auf dem Rothorn im Mittel	8.429
„ „ vom 1.—3. IX. während des Aufstiegs	9.937
„ „ vom 4.—9. IX.	9.429

Bei Kolmer:

Kalor. Quotient in Brienz und auf dem Rothorn im Mittel aller Perioden	7.751
„ „ auf dem Monte Rosa vom 4.—7. IX.	8.963
„ „ vom 8.—9. IX.	9.559

Bei Caspari:

Kalor. Quotient in Brienz und auf dem Rothorn im Mittel aller Perioden	9.358
„ „ auf dem Monte Rosa vom 6.—7. IX.	9.952
„ „ am 8. IX.	11.124

Demgegenüber bei Müller und Waldenburg:

Kalor. Quotient bei Müller vom 2.—4. IX.	8.668
„ „ vom 5.—6. IX.	7.189
„ „ bei Waldenburg vom 2.—4. IX.	7.809
„ „ vom 5.—6. IX.	7.932

Es fragt sich nun, wodurch die Steigerung des kalorischen Quotienten im Harn bedingt ist. Eine Steigerung des Verhältnisses von Brennwert zu Stickstoff im Harn kann dadurch herbeigeführt werden, daß Substanzen in dem letzteren erscheinen, welche bei hohem Brennwert stickstoffarm resp. stickstofffrei sind. Eine solche Substanz wäre z. B. der Zucker. Es ist aber bei den hohen kalorischen Quotienten, welche Rubner, Tangl, Caspari bei ihren Versuchen fanden, von letzteren beiden vergebens auf Zucker gefahndet worden. Rubner fand allerdings einmal sehr geringe Mengen Zucker, durch welche aber die Höhe des kalorischen

Quotienten keineswegs erklärt werden konnte. Nur für den hohen kalorischen Quotienten, welchen Kellner beim Rinde feststellte, ist die Ursache festgestellt — es handelt sich dort um Ausscheidung von Hippursäure im Harn, einer Substanz, welche bei höherem Brennwert ärmer an Stickstoff ist als der Harnstoff, der bei den Säugetieren das hauptsächlichste Endprodukt des Eiweißumsatzes darstellt. In unserem Falle aber muß die Steigerung des kalorischen Quotienten auf eine andere Ursache zurückgeführt werden, als bei den kohlehydratreich ernährten oder vegetarisch lebenden Menschen. In der Tat ist es nun Loewy gelungen, den Grund dieser Steigerung in höchst interessanter Weise aufzuklären. Das Wachsen des kalorischen Quotienten beruht darauf, daß im Harn Abbauprodukte des Eiweiß erscheinen, welche eine niedrigere Oxydationsstufe darstellen, als die normalen Endprodukte der Eiweißzerlegung. Es handelt sich um sog. Aminosäuren. Diese entstehen im Organismus als Zwischenstufe der Eiweißkörper und des Harnstoffs und werden unter normalen Zuständen noch weiter zu Harnstoff zerlegt. Das Auftreten der Aminosäuren beweist, daß die Verbrennungsprozesse in den Geweben infolge des Sauerstoffmangels bei anstrengender Muskeltätigkeit oder beim Aufenthalt in großer Höhe herabgesetzt sind, so daß das komplizierte Molekül des Eiweißes nicht bis zu den normalen Endprodukten abgebaut wird. Es ist dies ein Vorgang, welcher in Parallele gestellt werden kann mit dem experimentell erzeugten Auftreten organischer Säuren (Milchsäure) im Harn von Tieren, welche bei sehr beschränkter Sauerstoffzufuhr gehalten wurden.

Neben diesem wichtigen und interessanten Resultat ist nun noch eine weitere Tatsache äußerst bemerkenswert: Am 8. September ist der kalorische Quotient im Harn Casparis der höchste, bei dieser Expedition überhaupt beobachtete, nämlich 11.124. Der Stickstoffverlust des Körpers beträgt nur 2.97 g. Am folgenden Tage, dem 9. September, finden wir dann das kolossale Anwachsen des Verlustes, welches wir oben mit der prämortalen Stickstoffsteigerung in Parallele gesetzt haben. Mit diesem Ansteigen sinkt nun der kalorische Quotient des Harns auf ein so niedriges Niveau, wie es beim Menschen bisher niemals beobachtet worden ist. Es liegt selbst unterhalb der Werte, welche für den Hund angegeben wurden. Der kalorische Quotient bei Caspari am 9. September beträgt 5.849.*) Da das Verhältnis der Wärmeeinheiten zum Stickstoff beim reinen Harnstoff 5.45 ist, so verhält sich der Harn dieses Tages fast wie eine reine Harnstofflösung.

Es wäre weiter zu diskutieren, ob ein Zustand, wie derjenige, in dem sich Caspari am 9. September befand, ernste Gefahren mit sich führt. Wenn wir auch nicht imstande sind, eine sichere Auskunft darüber zu geben, so ist doch wahrscheinlich, daß diese Frage zu bejahen ist. Einen derartigen Eiweißzerfall kann der Organismus auf die Dauer keinesfalls ertragen. Und da nach dem ganzen Verlaufe der Monte Rosa-Periode bei Caspari die Sparvorrichtungen des Körpers zu versagen begannen, ist wohl kaum zu bezweifeln, daß ein längerer Aufenthalt auf dem Gipfel des Monte Rosa bedrohlich geworden wäre. Dagegen wies das subjektive Befinden keineswegs auf das Gefährliche der Situation hin. An demselben

*) Diese Zahl ist durch zwei vorzüglich stimmende Analysen sichergestellt.

Tage, an dem der große Eiweißverlust bestand, unternahm vielmehr Caspari in Gemeinschaft mit Zuntz und dem Führer Bieler eine Klettertour in den benachbarten Felsen. Hierbei fiel allerdings der große Schwächezustand Casparis auf, dem es z. B. absolut nicht gelingen wollte, an einem Felsblock, welcher in Kopfhöhe vor ihm lag, in Stütz zu gehen. Es ist ja das erste Mal, daß die Stoffwechselforgänge in solchen Höhen einer genauen Untersuchung unterworfen worden sind. Es scheint durchaus nicht ausgeschlossen, daß die schweren Erkrankungen, welche bei längerem Aufenthalt in großen Höhen manche Personen befallen und z. B. in den Andes mehrfach zu Todesfällen geführt haben, von derartigen Zuständen des Eiweißverlustes eingeleitet wurden, wie wir ihn hier gefunden haben.

Aber die Erkrankung, so tief sie in das Gefüge des Organismus eingreift, wird doch wohl sofort rückgängig, sobald die gefährliche Höhe verlassen wird. Geschieht dies rechtzeitig, dann ist vielleicht der Eiweißverlust, welchen alle Teilnehmer der Monte Rosa-Gruppe und speziell Caspari erlitten haben, nicht als schädliches, vielmehr sogar als ein günstiges Moment aufzufassen. Wir haben oben bereits erwähnt, daß der Organismus sich bestrebt, einen Verlust seines wertvollsten Materials nicht nur auszugleichen, sondern mit einer Überkompensation auf die Entziehung zu reagieren. Leider war es unmöglich, an die Monte Rosa-Periode noch eine Nachperiode in geringeren Höhen anzuschließen. Dennoch läßt das Verhalten Casparis kaum einen Zweifel, daß derselbe in kürzester Zeit die Verluste an Eiweiß und Körpergewicht ersetzt hat. Noch wochenlang war sein Appetit geradezu unstillbar und jedesmal, wenn er von einem reichhaltigen Diner aufstand, freute er sich bereits auf das nächste. Ein ganz analoges Verhalten finden wir ja nach langdauernden, schweren, fieberhaften Erkrankungen, und besonders für Typhusrekonvaleszenten ist nachgewiesen, daß sie ganz erstaunliche Mengen stickstoffhaltigen Materials in ihrem Körper aufspeichern, weit über den Verlust hinaus, den sie in den Wochen der Krankheit erlitten haben.

Fassen wir noch einmal die Ergebnisse zusammen, die wir bei der Untersuchung des Eiweißumsatzes gefunden haben:

Schon ein Aufenthalt in 500 m Höhe führt zu einem deutlichen Eiweißansatz, welcher durch Muskeltätigkeit noch weiter gesteigert wird. In größeren Höhen (1600 m Jaquet, 2200 m Kolmer u. Müller) geht häufig bei Nichttrainierten dem Eiweißansatz ein deutlicher Verlust an Eiweißmaterial voraus. Bei den der Höhe schon einigermaßen Angepaßten findet sich dagegen sofort ein Stickstoffansatz (Caspari, Waldenburg) oder es bleibt Stickstoffgleichgewicht bestehen, ohne daß ein vorhergehender Zerfall statt hat (Zuntz). Der Eiweißansatz in mittleren Berghöhen tritt besonders hervor, wenn derselbe mit Muskeltätigkeit unter Vermeidung eines Übermaßes verknüpft ist. Da ein Aufenthalt in subalpinen und alpinen Höhen wohl meist mit mässigen Marschübungen einhergeht, wird man bei gesunden Menschen in jugendlichem oder mittlerem Lebensalter wohl mit Sicherheit in solchen Höhen auf einen Ansatz von Eiweißsubstanz rechnen dürfen. Während anstrengender Muskeltätigkeit dauerte bei dem jungen, kräftigen Kolmer auf dem Rothorn der Eiweißansatz an. Ebenso bei dem

gleichaltrigen Waldenburg im Tal. Überhaupt zieht das Jünglingsalter in dieser Beziehung am meisten Nutzen aus dem Gebirgsaufenthalt.

Die günstige Wirkung auf den Eiweißansatz geht bis zu einer Höhengrenze hinauf, welche individuell verschieden ist. Auf dem Col d'Olen ist diese Grenze für Müller überschritten, für Waldenburg noch nicht.

Der Monte Rosa-Gipfel liegt für alle vier Mitglieder der Gipfelgruppe oberhalb dieser Grenze. Doch ist darum nicht ausgeschlossen, daß nicht besonders resistente Individuen auch noch in dieser Höhe einen Eiweißansatz zeigen.*)

Was die Nachwirkung des Höheng Aufenthaltes auf den Eiweißumsatz betrifft, so ließ sich eine solche bei Jaquet nicht nachweisen. Dagegen ist bei Loewy, Müller und Kolmer nach dem Aufenthalt in 2200 m eine weitere Tendenz zum Eiweißansatz vorhanden. Ob nach dem Verlust in größeren Höhen eine Überkompensation eintritt, ist bisher unbekannt, aber nicht unwahrscheinlich.

Wir sehen also, daß das Gebirge einen ganz charakteristischen Einfluß auf den Bestand des Organismus an dem wichtigsten organischen Material ausübt, und daß der Erwachsene sich im Gebirge bis zu gewissen Höhen hinauf, welche individuell verschieden sind, ähnlich verhält, wie unter gewöhnlichen Bedingungen ein wachsender Organismus. Das Wort von der verjüngenden Wirkung des Gebirgsaufenthaltes hat hier seinen zahlenmäßigen Ausdruck gefunden.

*) Bei der Korrektur erhalten wir briefliche Mitteilung von Herrn Dr. v. Wendt (Helsingfors), der im Sommer 1904 Stoffwechselversuche auf dem Monte Rosa an sich selbst anstellte. Er fand in der Tat nicht nur auf Col d'Olen, sondern auch auf der Margherita-Hütte einen äußerst eklatanten Eiweißansatz.

Literatur.

¹⁾ Atwater und Benedict: „Experiments on the metabolism of matter and energy in the human body“. Washington 1899.

²⁾ Bornstein: „Eiweißmast und Muskelarbeit“. Pflügers Archiv. Bd. 83. 1901.

³⁾ Caspari: „Über Eiweißumsatz und -Ansatz bei der Muskelarbeit“. Ebenda.

⁴⁾ Derselbe: „Physiologische Studien über Vegetarismus“. Verhandlungen der Berliner Physiologischen Gesellschaft 26. III. 1904.

⁵⁾ A. Jaquet und R. Stähelin: „Stoffwechselversuch im Hochgebirge“. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. Bd. 46. 1901.

^{5a)} Linser und Schmidt: Deutsches Arch. f. klin. Med. 79. 1904. S. 541.

⁶⁾ Fr. N. Schulz: „Beiträge zur Kenntnis des Stoffwechsels bei unzureichender Ernährung“. Pflügers Archiv. Bd. 76. 1899.

⁷⁾ Veraguth: „Le climat de la Haute-Engadine et son action physiologique“. Thèse de Paris 1887.

⁸⁾ Zuntz und Schumburg: „Physiologie des Marsches“. Berlin, Hirschwald, 1901.

