universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Höhenklima und Bergwanderungen in ihrer Wirkung auf den Menschen

Zuntz, Nathan

Berlin, 1906

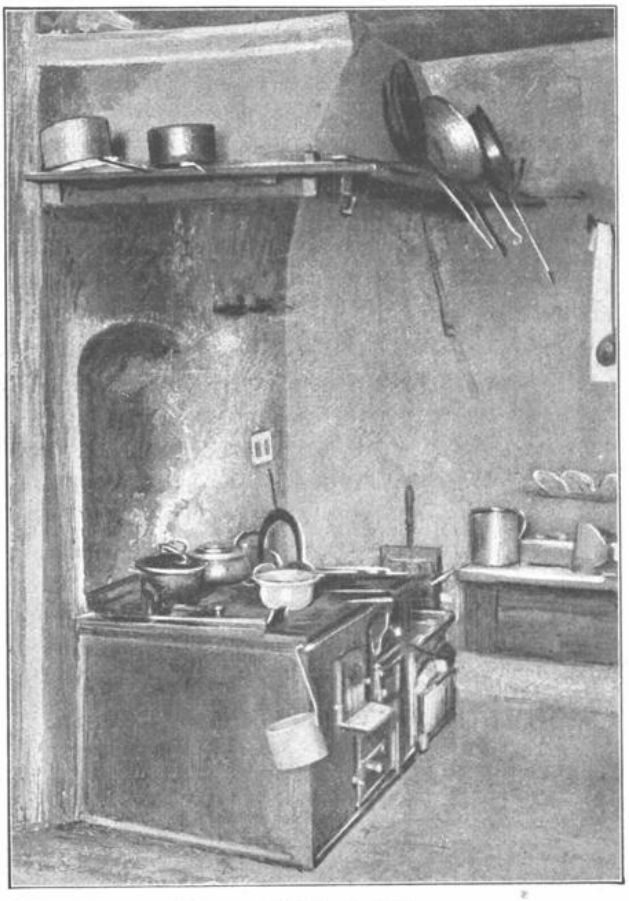
Kapitel VII. Einfluß von Höhenkllima und Muskelarbeit auf die Verdauung

urn:nbn:at:at-ubi:2-5969

Kapitel VII.

Einfluß von Höhenklima und Muskelarbeit auf die Verdauung der Nahrung.

Dem Plane der Expedition entsprechend wollten wir den Stoffwechsel von zwei Gesichtspunkten aus betrachten: erstens, bezüglich der Änderungen, welche er im Hochgebirge durch Einwirkung der Luftverdünnung und der anderen klimatischen Faktoren erleidet, und zweitens, ob und in welcher Art er unter dem Einfluß anstrengender Muskelarbeit, wie sie das Bergsteigen mit sich bringt, modifiziert wird. Die zahlenmäßigen Ergebnisse des sechswöchentlichen Versuchs sind in den Anhangstabellen III—VIII zusammengestellt. Hier, im Texte des Buches, wollen wir uns bemühen, eine allzu reichliche Aufführung von Zahlen zu vermeiden. Wir wollen vielmehr die Tatsachen, die sich aus dem im Anhang befindlichen Zahlenmaterial ergeben, herausschälen, sie diskutieren und so weit als nötig mit älteren Erfahrungen in Zusammenhang bringen. Auf diese Weise hoffen wir, allgemeinere Gesichtspunkte zum Verständnis des Lebens im Hochgebirge zu gewinnen.



Unsere Küche in Brienz.

Von den zahlreichen Stoffwechselproblemen sollen in diesem Kapitel zunächst die die Verdauung betreffenden betrachtet werden. Wie die folgenden Ausführungen zeigen, hat die Untersuchung der Verdauungsvorgänge Resultate gezeitigt, die erweisen, daß Höhenluft und Muskelarbeit auf den Verdauungsapparat in spezifischer und sehr interessanter Weise einwirken. Der Leser mag es verzeihen, wenn wir ihn hier gleich zu Beginn der Stoffwechselbetrachtungen sehr eingehend

von Dingen unterhalten, deren Besprechung man im täglichen Leben möglichst vermeidet, und mit denen man sich auch selbst nur ungern beschäftigt. Trugen doch für uns die zur quantitativen Gewinnung der Darmentleerungen nötigen Prozeduren, die zu Beginn und am Schluß jeder Periode stattfindenden Abgrenzungen, auch nicht gerade zur Erhöhung des Genusses des Hochgebirgsaufenthaltes bei. Die eingehende Behandlung dieser Fragen rechtfertigt sich aber durch die Aussicht, mit Hilfe des Studiums der Verdauungsprozesse einen tieferen Einblick in die Veränderungen zu gewinnen, die der menschliche Organismus als Ganzes durch Höhenluft einerseits, Muskeltätigkeit andererseits erleidet.

Die Verdauungsvorgänge im allgemeinen. Unter dem Begriff „Verdauung" fassen wir alle sich im Magendarmkanal abspielenden Vorgänge zusammen, einerseits die Veränderungen, welche die eingeführte Nahrung erleidet, bevor sie in die Körpersäfte aufgenommen wird, andererseits die Aufnahme der veränderten Nahrungsbestandteile durch die Darmwand, sowie ihre Überführung in Blut und Lymphe.

Mit dem Kauen beginnt die Verdauung. Damit die Nährstoffe aus dem Rohmaterial der Nahrung mit möglichst geringem Aufwand in Lösung übergeführt werden können, müssen sie, abgesehen von den in flüssiger Form eingenommenen Substanzen, zunächst mechanisch zerkleinert werden. Je feiner die Zermahlung erfolgt, desto größer wird die Angriffsfläche der nunmehr freigelegten Nährstoffe für die Verdauungssekrete.[17][18][31] Diese Sekrete sind das Produkt der Tätigkeit von Drüsenzellen, die teils in der Wand des Verdauungskanals selbst, teils in dessen Nähe liegen und ihr Sekret durch besondere Ausführungsgänge in ihn hinein entleeren. Zu ersteren gehören die Schleimdrüsen des Mundes, die den Magensaft liefernden Drüsen der Magenschleimhaut und die verschiedenartigen, in der Darmwand gelegenen sekretbildenden Zellen; zu letzteren die Speicheldrüsen des Mundes und die großen drüsigen Organe des Bauches: Leber und Bauchspeicheldrüse („Pankreas"). Die Sekrete enthalten Bestandteile (lösliche Fermente, Enzyme), die auf eine der Nährstoffkategorien, Eiweißkörper, Fette oder Kohlehydrate in ganz spezifischer Weise einwirken. Jede Drüse liefert ein besonderes Produkt. Sie dienen aber alle dem Zwecke, die Nahrungsstoffe zu lösen und für die Aufnahme in die Körpersäfte vorzubereiten. Hatten schon die grundlegenden Untersuchungen von Heidenhain[7b] und seinen Schülern über die Tätigkeit des Magens und der Darmschleimhaut ein erstaunlich fein abgestuftes Ineinandergreifen dieser Vorgänge gezeigt, so sind unsere Kenntnisse in den letzten zehn Jahren durch die bahnbrechenden Untersuchungen von Pawlow und seiner Schule sehr erheblich erweitert worden.[20] Wir wissen heute, in wie außerordentlich subtiler Weise sowohl die Menge der abgesonderten Sekrete wie ihr Fermentgehalt durch die Beschaffenheit und Zubereitung der Nahrung beeinflußt werden, wie sogar nicht nur nach Einführung von Speisen in den Magen, sondern schon beim Vorzeigen eines leckeren und Appetit anregenden Gerichtes, oder beim Kauen, ohne daß Speise in den Magen gelangt (bei der sog. Scheinfütterung), die Magen- und Darmschleimhaut Sekret absondert, und zwar, je nach der Beschaffenheit der Speise, in verschiedener, für die betreffende Nahrung immer gerade pas-

sender Menge und Zusammensetzung. Man hat durch genial ausgedachte und mit allen Hilfsmitteln moderner operativer Technik ausgeführte Tierversuche erfahren, daß die verschiedenen Abschnitte des Verdauungskanals sich gegenseitig in ihrer Tätigkeit beeinflussen und so den regelmäßigen Fortgang der Verdauung gewährleisten. Neueste Versuche an normalen Menschen wie an solchen, denen wegen Verschlusses der Speiseröhre eine Magenfistel[30])[27b]) angelegt war, haben gezeigt, daß diese wunderbare Regulation nach Nahrungsaufnahme wie nach Scheinfütterung hier in ganz ähnlicher Weise wie beim Tier abläuft. — Mit Hilfe dieser Absonderungen vollzieht sich im Magen und Dünndarm die chemische Aufspaltung der gelösten Stoffe in relativ einfach gebaute Substanzen. Das große Molekül der zunächst aus den Eiweißkörpern entstandenen, noch eiweißähnlichen Produkte (Albumosen, Peptone) wird in kleinere zerlegt, die keine Eiweißnatur mehr besitzen (Aminosäuren). Die Fette werden in Glyzerin und Fettsäuren gespalten. Auf dem Wege durch die Darmwand fügen sich die Spaltungsprodukte aber zum Teil wieder zusammen, so daß wir sie jenseits der Darmwand in Blut und Lymphe nicht mehr nachweisen können.

Man bezeichnet die Vorgänge, die sich bei Aufnahme der so veränderten Nahrungsbestandteile abspielen, die Aufsaugung in den verschiedenen Darmabschnitten und den Übergang in Blut oder Lymphe, als „Resorption". Die Resorption ist niemals eine ganz vollkommene. Ein Teil der Nahrung geht stets im Kot verloren. Dieser bildet sich erst in den tiefsten Darmabschnitten nach Aufsaugung des größten Teiles des Wassers aus dem breiigen oder ganz flüssigen Dünndarminhalt. Wie in Kapitel III dargelegt, hat aber der Kot zwiefachen Ursprung. Er besteht neben wechselnden Mengen unverdauter Nahrungsbestandteile aus Resten der in den Darm ergossenen Sekrete, ferner aus dem als Schutz der gesamten Darmoberfläche abgesonderten Schleim und aus abgestoßenen Oberflächenzellen der Darmschleimhaut,[16])[22])[31]) endlich aus den für den Körper überschüssigen Salzen der schweren Metalle, z. B. des Eisens und der alkalischen Erden, Kalk und Magnesia.

Die unverdauten Nahrungsreste können wir vermittels des Mikroskops nachweisen. So finden wir Muskel- und Bindegewebsfasern, Stärkekörner, nach pflanzlicher Nahrung besonders reichlich Zellmembranen, Chlorophyllkörner, Spiralgefäße. Je nach Art, Menge und Zusammenstellung der Kost muß also der Anteil des der Resorption entgehenden Nahrungsrestes an der gesamten Menge des Kotes wechseln. Andererseits aber enthält der Kot nicht alles, was dem Körper von der Nahrung verloren geht. Gewisse Mengen der im Darme befindlichen Stoffe werden durch Gärungsvorgänge in gasförmige Produkte verwandelt und entziehen sich so der Bestimmung. Diese spielen allerdings beim Menschen eine geringe Rolle, anders bei manchen Tieren, bei denen sie bis zu 10 % der verdauten Nahrung ausmachen können.[9a])

So ist also die Gesamtmenge der resorbierten Nahrung nicht ohne weiteres durch Abzug des im Kot Ausgeschiedenen von dem in der Nahrung Aufgenommenen bestimmbar. Wenn man sich ein Urteil über die Funktionen unseres Verdauungsapparates und über die Verluste bilden will, die der Körper bei bestimmter Ernährung unter bestimmten äußeren Bedingungen erleidet, muß man daher die einzelnen, die Kotbildung beeinflussenden Momente einer näheren Betrachtung unterziehen.

Menge des Kotes. Die Masse des frischen Kotes hängt in erster Linie von seinem Wassergehalt ab. Dieser ist so gut wie unbeeinflußt durch die Wassermenge, die dem Körper in der flüssigen und in erheblichem Umfange auch in der sog. festen Nahrung zugeführt wird. Das Wasser wird im oberen Darm resorbiert, und soweit es nicht im Körper verbleibt, von Lunge und Niere wieder ausgeschieden. Der Wassergehalt und damit die Masse des Kotes wechselt vielmehr im wesentlichen entsprechend der Schnelligkeit, mit welcher die Nahrung den Darm passiert. Wenn sie länger darin verweilt, so bei vorwiegend tierischer Nahrung, ist der Kot fest und wasserarm. Bei vorwiegend pflanzlicher Kost folgen die Entleerungen einander schneller, der Kot wird massiger, breiiger. Eine Zusammenstellung mag dies illustrieren.

Tabelle 1.

Nahrung	Wassergehalt des frischen Kotes in %	Trockensubstanz auf 100 Teile feuchten Kotes
Rüben, Kohl	92—96	4—8
Kartoffel, Erbsen, Schwarzbrot .	81—87	13—19
Weißbrot	74	26
Eier	70	30
Fleisch	70	30

Jedermann weiß aber aus den Erfahrungen des täglichen Lebens, daß die Häufigkeit der Darmentleerungen nicht bloß von der Art der Speisen, sondern auch sehr bedeutungsvoll durch zahlreiche, die Funktionen des Gesamtorganismus beeinflussende Momente modifiziert wird. Wer hätte nicht schon die stürmischen Darmbewegungen infolge von Schreck und Aufregung empfunden, wer kennt nicht den Einfluß aktiver und passiver Muskelbewegung, von Turnübungen und Massage, wer nicht den Unterschied im Funktionieren des Verdauungsapparates bei vorwiegend sitzender Beschäftigung und während regelmäßiger Körperbewegung? Das ist ja oft ein Hauptgrund, welcher die während vieler Monate des Jahres zum Stubenhocken gezwungenen Stadtmenschen veranlaßt, in der Ferienzeit die Berge aufzusuchen, um durch „Auslaufen“ die Trägheit der Verdauungsorgane zu kurieren. Diese heilsame Wirkung des Marschierens hat Scheffel, der begeisterte Freund der Bergwanderungen, in sehr drastischer Weise besungen:

„Dir weiß für Leib und Seele ich keine bess're Kur:
Von einem Marschbefehle erhoffe Rettung nur
Von Pickeln und vom Stocken im Unterleibsrevier.
Mach' rasch dich auf die Socken, ist besser als Klistier!

Wenn der Wassergehalt des Kotes für die Beurteilung der Darmbewegungen von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist, so hatte er für uns noch einen speziellen Wert zwecks Aufstellung einer Wasserbilanz. Handelt es sich aber darum, den Verlust an Nährmaterial zu ermitteln, dann spielt die Masse des Kotes eine geringe Rolle. Es braucht nämlich der größeren Menge an feuchtem Kot durchaus nicht eine vermehrte Ausscheidung fester Substanzen zu entsprechen.

Ausschließlich die letzteren, d. h. die Menge des Trockenkotes, gibt uns ein Maß für den Nährstoffverlust.

Der Trockenkot. Die Menge des Trockenkotes ist in der Regel gering nach tierischer Nahrung, groß nach pflanzlicher, und zwar aus verschiedenen Gründen. Zunächst entgeht ein großer Teil der die Hülle vieler Vegetabilien bildenden Zellulose der Aufsaugung. Mit den Pflanzenhüllen gelangen aber auch in ihnen eingeschlossene Nährstoffe mit zur Ausscheidung, da die Verdauungssekrete die Hülle nicht zu durchdringen vermögen. Selbst nach Sprengung der Zellulosekapseln können diese noch mechanisch reizend auf die Darmschleimhaut wirken, stärkere Darmbewegung (Peristaltik) und dadurch so schnelle Entleerung erzeugen, daß ein Teil der bei normaler Darmtätigkeit gut resorbierbaren Stoffe nunmehr als unverdauter Nahrungsrest verloren geht. Weiter ist die pflanzliche Kost in den Mengen, wie sie unsere Landbevölkerung, namentlich bei Kartoffel- und Schwarzbrotgenuß, zur völligen Deckung des Bedarfes zu sich nimmt, so voluminös, daß nicht alle Schichten des Darminhalts in genügender Weise mit den Darmsekreten in Berührung kommen.[17] Welche Bedeutung dies hat, zeigen u. a. die Rubnerschen Untersuchungen,[26] bei denen nach überreicher Kartoffelnahrung fast unveränderte Kartoffelstückchen entleert wurden. Endlich entstehen, wenn sich zu viel Stärkemehl im Darm befindet, Gärungen. Die gebildeten Säuren und Gase reizen den Darm, die Entleerungen folgen einander häufiger, als zur vollkommenen Aufsaugung der Nährstoffe dienlich ist. Die Bedeutung des Zellulosegehalts der Nahrung wird durch die folgende kleine Zusammenstellung illustriert.

Tabelle 2.

Art der Nahrung	Zellulosegehalt der Nahrung in %	Trockenkot im Mittel in g
Fleisch	0	5
Weißbrot	0.39	4—6
Roggenbrot	0.80	bis 11
Pumpernickel	1.48	19

Wir sehen also, wie mit Zunahme der Zellulose die Menge des ausgeschiedenen Trockenkotes steigt. Dabei ist die Größe der Kotbildung aber individuell recht verschieden. Daher sind die soeben genannten Zahlen nur als Durchschnittswerte zu betrachten.

Wir hatten ausgeführt, daß neben den nicht resorbierten Resten der Nahrung der Kot Sekrete der Verdauungsdrüsen enthält. So kommt es, daß der Darm nicht bloß nach Nahrungsaufnahme, sondern auch im Hunger fortdauernd in individuell sehr verschiedener Menge Kot produziert: Der Hungerkünstler Cetti schied z. B. während 10tägigen Fastens 3.8 g, der Hungerkünstler Breithaupt während 6tägigen Fastens 2 g,[12] drei hungernde Kranke[16] 4.0, 4.35 und 5.9 g Trockensubstanz pro Tag aus.

Zusammensetzung des Trockenkotes. Die übliche Kotanalyse erstreckt sich auf stickstoffhaltige Substanz, fettartige Stoffe, Aschenbestandteile und die Gesamtmenge des brennbaren Materials. Bemerkenswert ist, daß der Hungerkot in seiner Zusammensetzung kaum von dem nach leicht verdaulicher Nahrung gebildeten abweicht. Man hat daraus den Schluß gezogen, daß der Kot auch bei leicht verdaulicher Kost im wesentlichen aus Darmabscheidungen besteht.

Der Stickstoffgehalt des Hungerkotes betrug

bei Cetti	8.3 %	des lufttrockenen Kotes
„ Breithaupt	5.7 %	„ „ „
„ einer hungernden Kranken . .	10.3 %	„ „ „

Ähnliche individuelle Differenzen finden wir auch nach Nahrungsaufnahme, aber über sie hinaus sehen wir doch charakteristische Beziehungen zur Kost. Allerdings ist es nicht der Stickstoffgehalt der Nahrung, der den Stickstoffgehalt des Kotes bestimmt, sondern teils die Beimischung von Verdauungssekreten, teils die Menge des unresorbierten, stickstofffreien Materials. Der in 100 g Trockenkot enthaltene Stickstoff ist beträchtlich nach wenig voluminöser Kost, die wenig Reste läßt (feinem Weißbrot, Reis, Fleisch), niedrig dagegen bei einer sehr massigen, von der viel stickstofffreie Reste, speziell Zellulose, unresorbiert bleiben (gelbe Rüben, Kohl).

Ebenso wie der Stickstoff ist auch die Fettmenge des Kotes vom Fettgehalt der Nahrung fast völlig unabhängig. Sie zeigt große, ihm durchaus nicht parallel gehende Schwankungen. So enthält:

Hungerkot	20—48 %	Rohfett
Kot nach reiner Fettnahrung . . .	ca. 25 %	„
Kot nach Milchnahrung	22—28 %	„

Erst bei exzessiver Fettzufuhr, zwischen 200—300 g pro Tag, steigt die Fettmenge des Kotes an.[26]) Der nicht der Nahrung entstammende größere Teil des Kotfettes besteht, wie die Analyse erweist, vorwiegend aus Gallenbestandteilen und gerade aus dem Hungerkot hat man solche Stoffe in größerer Menge rein gewinnen können.[16]) Diese Substanzen sind keineswegs Fett im Sinne der chemischen Definition, d. h. „Glyzerinfettsäureester". Das was wir „Kotfett" nennen, ist ein Gemisch von wirklichen Fetten, Fettsäuren, Cholestearinen, Lezithinen und unbekannten, in Äther löslichen Stoffen. Wir sprachen daher soeben und sprechen auch späterhin in den Tabellen, unter Adoptierung eines von den Agrikulturchemikern gebrauchten Ausdruckes, von „Rohfett" als der Summe der durch Äther aus der Nahrung oder dem Kot extrahierbaren Substanzen.

Der Kohlehydratgehalt des Kotes ist beim Erwachsenen unter normalen Bedingungen äußerst gering. Abgesehen von der Zellulose und geringen durch sie geschützten Kohlehydratmengen erscheinen so gut wie gar keine Kohlehydrate im Kot. Schließlich ist auch der Brennwert des Kotes, der ein Maß für die Menge der organischen Stoffe in ihm abgibt, von der Nahrung ziemlich unabhängig, wenigstens solange sie keine größeren Mengen pflanzlicher Zellhüllen enthält. Er schwankt natürlich je nach dem Stickstoff- und Fettgehalt.

Wollen wir genauer untersuchen, wie sich die einzelnen Kategorien der brennbaren organischen Stoffe auf den Gesamtbrennwert des Kotes verteilen, so ist dies für Rohfett leicht zu bewerkstelligen. Es wird, wie früher beschrieben, durch Extraktion mit Äther gewonnen. Der dann bleibende Rest besteht aus stickstoffhaltigen Körpern und Kohlehydraten. Der Brennwert des fett- und kohlehydratfreien Kotes zeigt nun, daß die stickstoffhaltigen Stoffe nicht ausschließlich Eiweißkörper sein können. Pro Gramm Stickstoff liefert solcher Kot 50—70 Wärmeeinheiten, Eiweiß hingegen nur 35. Es müssen also stickstoffhaltige Stoffe vorliegen, die pro Gramm Stickstoff einen höheren Brennwert als Eiweiß besitzen, und zwar dürfen wir auf Grund der Feststellungen von Pflüger[21]) und von Frentzel und Schreuer[7]) vermuten, daß es Gallenbestandteile sind. Der Brennwert pro Gramm Stickstoff, der sog. „kalorische Quotient" des entfetteten Kotes, gibt uns daher wertvolle Aufschlüsse über das Verhalten des Verdauungsapparates.

Inwieweit im übrigen die Verdauungsvorgänge individuell und unter dem Einfluß äußerer Momente, wie Muskeltätigkeit, Sauerstoffmangel, Reize des Hochgebirges, Differenzen aufweisen, soll später an der Hand unserer eigenen Untersuchungen erörtert werden.

Ausnutzung der Nahrung. Nach dem Gesagten dürfte es nunmehr verständlich sein, daß wir die Gesamtmenge der bei einer bestimmten Kost in die Körpersäfte aufgenommenen Nahrung nicht ganz exakt bestimmen können. Wir wissen nie genau, welcher Anteil des Kotes der Nahrung entstammt, was von den Verdauungsdrüsen gebildet und wieviel in Gasform verloren gegangen ist. Wir müssen uns vielmehr mit einem Annäherungswert begnügen und benutzen als solchen die Differenz zwischen der Menge und Zusammensetzung der eingeführten Stoffe einerseits, der vom Darme wieder ausgeschiedenen andererseits. Diese Zahl heißt: der „Ausnutzungswert" der betreffenden Nahrung. Man ist nun aber berechtigt, die „Ausnutzung" an Stelle der uns unbekannten wahren Resorption bei Stoffwechselbetrachtungen einzusetzen, weil die vom Darmkanal und seinen Drüsen gelieferten Produkte dem Organismus genau so gut verloren gehen, wie der unresorbierte Nahrungsanteil, und daher dieselbe Bedeutung haben, als wenn entsprechend weniger von der Nahrung aufgesaugt wäre. Die gasförmigen Produkte aber spielen, wie erwähnt, beim Menschen eine sehr geringe Rolle. Die Ausnutzung gibt uns Auskunft darüber, wie viel von der Nahrung dem Körper zugute kommt und liefert wichtige Anhaltspunkte für die Vergleichung verschiedener Kostsätze hinsichtlich ihres Nährwertes. Dabei muß man unterscheiden, ob die Ernährung ausschließlich durch das zu prüfende Nahrungsmittel geschieht oder ob neben ihm noch anderes Nährmaterial gereicht wird.

Betrachten wir die Anhangstabelle Nr. IXc, welche die Ausnutzungswerte für die wichtigsten Nahrungsmittel enthält, wie sie sich in einer großen Anzahl von Versuchen bei einseitiger Ernährung mit diesen ergeben haben, so zeigt sich, daß die Kohlehydrate am besten verwertet werden. Ihre Ausnutzung sinkt nur bei den Stoffen, in welchen das Kohlehydrat in unverdaulicher Hülle steckt und so der Wirkung der Verdauungssäfte zum Teil entzogen ist (grobes Brot, gekochte Erbsen,

Kohl). Auch das Fett hat keine allzu großen Verlustzahlen. Da wo der prozentische Verlust groß erscheint, wie bei Mais oder Erbsen, ist die absolute aufgenommene Fettmenge so gering, daß der Fettgehalt der Darmsekrete ausschlaggebend wird. Es kann sogar vorkommen, daß bei einer Kost mit wenig Fett und reichlich Eiweiß und Kohlehydrat der Kot mehr Fett enthält als die Nahrung.[13]) — Am interessantesten ist die Stickstoffausnutzung. Bei ihr treten die für die Ausnutzung maßgebenden Faktoren besonders scharf hervor. Wir finden bei den schlackenarmen lange im Darme verweilenden Stoffen, wie Fleisch und Milch, geringe Verluste, und zwar größere bei Milch als bei Fleisch.

Gerade die Ausnutzung der Milchbestandteile ist aber individuell sehr verschieden, weil viele Menschen schon bei relativ kleinen Mengen Verdauungsstörungen bekommen. So fand Atwater trotz reichlicher Zufuhr durchwegs geringe Verluste, im Mittel 4.4 %, während andere Autoren bis zu 23 % Verlust feststellen konnten. Bei Kindern ist die Milchausnutzung im allgemeinen besser als beim Erwachsenen (3—9 % Verlust).

Die pflanzlichen Produkte werden, wenn bei der Zubereitung die Schlacken schon abgeschieden sind, im allgemeinen nicht schlechter ausgenutzt als animalische. Bei grobem, noch unveränderte Pflanzenzellen enthaltendem Material (Roggenbrot, Pumpernickel) sind dagegen die Verluste erheblich größer. Die Zubereitung in der Küche ist also von großem Einfluß. So haben einfach gekochte Kartoffeln 32 %, Kartoffelbrei nur 20 % Verlust,[5]) Erbsen mit Schale 30 %, nicht übergroße Mengen Erbsenbrei 5.5 %,[13])[26]) also nur etwa soviel wie Milch.

Auch bei Zulage schlackenreicher Nahrungsmittel zu einer gemischten Kost macht sich eine schlechtere Ausnutzung der Gesamtkost bemerkbar. Das zeigen recht eklatant Versuche von Prausnitz[22]. Er gab seinen Versuchspersonen zu der gleichen, aus Fleisch, Kartoffeln, Butter, Milch, Kaffee und Bier bestehenden Nahrung 500—600 g Brot, das aus verschiedenen Mehlsorten hergestellt war, und fand folgende Stickstoffverluste der Gesamtnahrung:

Tabelle 3.

Art der Zukost	Prozentig. Verlust an Stickstoff	
	für Person R.	für Person P.
Weizenbrot	9.1	15.1
Roggen- und Weizenbrot . .	—	20.1
Roggenbrot	15.9	23.5
Kommißbrot	—	31.9

Die Tabelle erweist zwar evident, daß die Ausnutzung individuell stark differiert. Man kann aber doch mit Bestimmtheit aus ihr entnehmen, daß genau wie bei einseitiger Brotnahrung hier bei Zugabe desselben zu gemischter Kost der Stickstoffverlust regelmäßig ansteigt, wenn Brot aus gröberem Mehl mit mehr Rohfaser genommen wird.

Prausnitz stellte daher (1893) die Forderung auf, daß den Soldaten nicht gerade ein Brot gegeben werden sollte, das aus dem gröbsten Mehl besteht und bedeutend schlechter ausgenutzt wird, als alle anderen Brotsorten, die in Deutschland verzehrt werden, mit Ausnahme des Pumpernickels. Dem Soldatenbrot hat übrigens seitdem die preußische Militärbehörde gebührende

Aufmerksamkeit zugewandt. Umfassende, von Pannwitz[19]) angestellte Versuche führten zu der Erkenntnis, daß es bei normalen Handelspreisen des Roggenmehles und der Kleie geradezu billiger sein kann, gebeuteltes Mehl für den Menschen zu verwenden und die Kleie als Viehfutter zu verkaufen, als das ganze Korn in Form von Kommißbrot zur Ernährung der Soldaten zu benutzen.

Es kosteten	100 kg	geschroteter Roggen . .	**12.01** Mark
	25 „	Kleie	2.23 „
also	75 kg	Feinmehl (ohne Kleie) .	9.78 Mark
oder	100 „	„ „ „ .	**13.04** „

Es wurden verdaut aus:

100 kg Brot aus dem geschroteten Roggen:	6.06 kg Eiweiß,	76.32 kg Kohlehydrate
100 „ „ „ „ Feinmehl:	6.83 „ „	83.92 „ „

Man erhält demnach für 1 Mark an verdaulichen Nährstoffen in Form von Brot

aus dem geschroteten Roggen:	**0.506** kg Eiweiß	und **6.355** kg Kohlehydrate
nach Auszug von 25% Kleie:	**0.524** „ „	„ **6.435** „ „

Bedenkt man nun noch, daß die Kleie vom Vieh gut verdaut wird und uns in Form von Butter, Milch und Fleisch in leicht ausnutzbarer Form zugute kommt, veranschlagt man ferner die erheblich größere Verdauungsarbeit, welche das grobe Brot erheischt, so sieht man, wie unökonomisch seine Verwendung besonders dann ist, wenn ein erheblicher Teil des Nährstoffbedarfs durch Brot gedeckt werden soll und außerdem durch starke Arbeitsleistungen der absolute Bedarf und damit die Beanspruchung des Verdauungsapparates gesteigert sind. Wenn trotzdem in der Soldatenkost auch heute noch kleiehaltiges Brot Verwendung findet, so ist dies deshalb berechtigt, weil der größere Teil der Rekruten an solches, Schwarzbrot oder Pumpernickel, von Jugend auf gewöhnt ist und nun desselben zur Erzielung befriedigenden Sättigungsgefühls und ausreichender Darmbewegung bedarf. Man muß aber, wie aus den obigen Berechnungen hervorgeht, vom nationalökonomischen Standpunkt aus wünschen, daß unsere Bevölkerung ähnlich wie die der westeuropäischen Länder sich allmählich an den Genuß eines kleiearmen Brotes gewöhnte. Die Ernährung würde dann nicht nur billiger, sondern auch die Leistungsfähigkeit des Arbeiters infolge verminderter Arbeit des Verdauungsapparates eine größere sein. — Genau wie für den Soldaten und Arbeiter kommen diese Gesichtspunkte natürlich bei Auswahl der Nahrung des Bergsteigers in Betracht.

Interessant ist ferner, daß eine schlecht verdauliche Nahrung durch Zusatz eines leicht resorbierbaren Nahrungsmittels in ihrer Ausnutzung verbessert werden kann. So erhöht Zugabe von Parmesankäse zur Polenta, wie sie ja in Italien allgemein üblich ist, den Ausnutzungswert des Mais um die Hälfte, 7% gegenüber 15% Verlust, so daß der Volksinstinkt hier wieder einmal, wie so oft, das Zweckmäßige getroffen hat.[13])

Was die Bedeutung äußerer Momente für die Ausnutzung gemischter Nahrung betrifft, so war der Effekt des Hochgebirgsaufenthaltes bisher überhaupt noch nicht untersucht worden. Den Effekt der Arbeit haben Atwater und seine Mitarbeiter in größerem Umfange geprüft und dabei gefunden, daß die Individualität der Versuchspersonen keine Unterschiede bedingte. Meist war überhaupt kein Unterschied zwischen Ruhe und Arbeitszeit zu konstatieren. Ältere Versuche an Hunden[25]) ergaben einige Male Schädigung der Verdauung durch Arbeit, andere Male keine solche.

Atwater hat die Ausnutzung einer gemischten, aus Milch, Fleisch, Brot, Butter und Zucker bestehenden Kost bei 5 Versuchspersonen, teils in relativer Ruhe bei Laboratoriumsbeschäftigung oder sitzender Tätigkeit, teils während Leistung einer mit Hilfe sinnreicher

Methoden genau meßbaren Arbeit studiert. Die Arbeit bestand im Drehen eines gebremsten Rades, im Treten eines feststehenden Fahrrades oder im Besteigen eines 45 m hohen Hügels. Keine der Verrichtungen hatte irgendwelchen Einfluß auf die Ausnutzung.

Ganz kürzlich hat Lavonius[11a]) in Stockholm die Ausnutzung bei 2 Preis-Ringkämpfern untersucht. Seine Versuche sind zwar nicht mit genau analysierter Nahrung gemacht, aber bei dem eklatanten Resultat trotzdem als gesichert zu betrachten. Er fand, daß die Ausnutzung durch die exzessive Muskelleistung eines nur 2 Stunden währenden Ringkampfes außerordentlich verschlechtert wurde.

Es wird daher von Interesse sein festzustellen, wie wir sechs, die wir fast sechs Wochen lang unter gleichen Verhältnissen lebten, uns in bezug auf Zusammensetzung des Kotes, sowie Ausnutzung der Nahrung verhielten, und welchen Einfluß Höhe und Muskelarbeit ausübten.

Bekömmlichkeit der Nahrung. Die Ausnutzung, wie sie bisher betrachtet wurde, ist für die Beurteilung einer Nahrung zwar von großer Bedeutung, aber doch nicht allein ausschlaggebend. Wichtig sind auch die subjektiven Empfindungen, welche die Speisen vor, während und nach dem Essen hervorbringen. Ebensowenig wie man vom ökonomischen Gesichtspunkte aus außer acht lassen darf, ob 10 oder 30 % des Aufgenommenen verloren gehen, soll man das, was der allgemeine Sprachgebrauch als „gute Bekömmlichkeit" bezeichnet, vernachlässigen. Die Bekömmlichkeit hat aber mit der Verdauung, wie wir sie definierten, d. h. mit der Überführung in lösliche Form und der Aufnahme in die Körpersäfte, nur indirekt zu tun. Sie ist nicht identisch mit dem Ausnutzungswert. Wenn der eine nur weiche oder rohe Eier, der andere nur solche, deren Eiweiß geronnen ist, verträgt, so kann doch die Ausnutzung die gleiche sein. Man meint ja eben auch nur, wenn man davon spricht, daß harte Eier oder zu hart gekochtes Fleisch oder rohe Milch „schwer verdaulich" seien, daß ihr Genuß Beschwerden verursacht. Auf diese Bekömmlichkeit muß aber bei der Ernährung des einzelnen, wie besonders bei der Massenernährung in Kasernen, Gefängnissen usw., Rücksicht genommen werden. Sie entscheidet, ob eine Kost dauernd in der dem Bedarf entsprechenden Menge aufgenommen werden kann. Sie bedingt auch ihre Verwendbarkeit für lange dauernde Stoffwechselversuche. Das Auftreten von Widerwillen und Ekelgefühl, von Magen- und Darmstörungen muß vermieden werden. Unsere Kost war gerade von diesem Gesichtspunkte aus gewählt und ausprobiert. Dementsprechend hatten wir während der fünf Wochen der Hauptversuche im Hochgebirge keine Gelegenheit, durch sog. Unbekömmlichkeit bedingte Wirkungen zu beobachten.

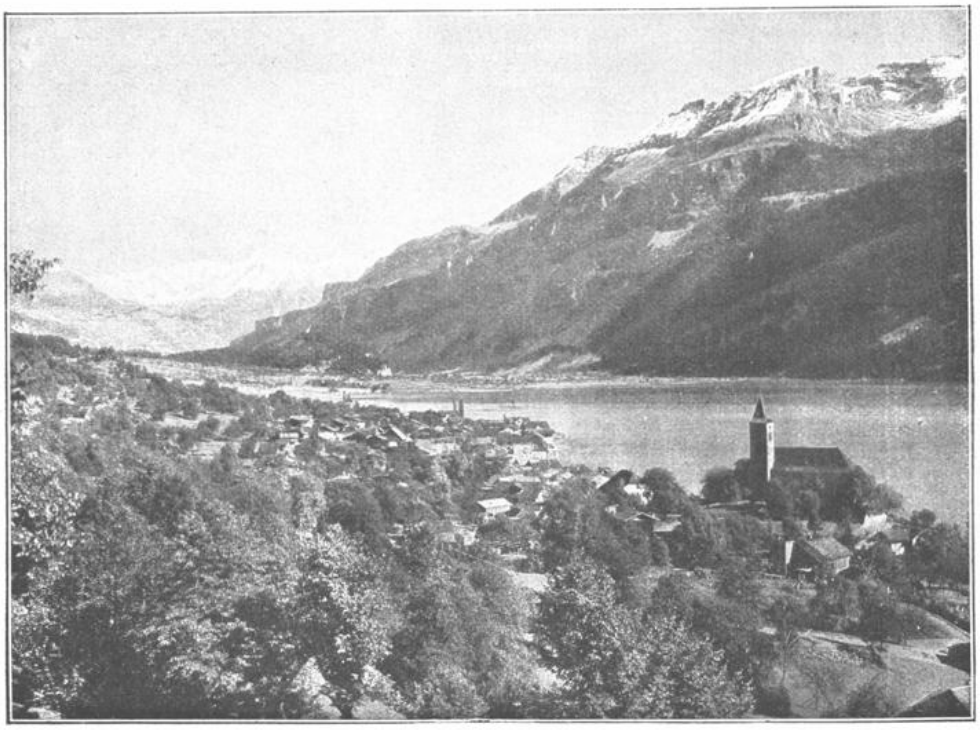
Eigene Versuche.

Unsere eigenen Versuche geben für die vorstehend angeregten Fragen nach verschiedenen Richtungen verwertbare Resultate, die wir auf Grund der Anhangstabellen Nr. IXa und b erläutern wollen.

Die auf die Zusammensetzung des Kotes bezügliche Tabelle IXa zeigt, periodenweise geordnet, in Stab 3—5 für 100 g getrockneten Kot die Menge an Stickstoff, an Rohfett und den Brennwert, ausgedrückt in Wärmeeinheiten (W. E.). Durch Division von Stab 5 durch Stab 3 erhalten wir die in Stab 6 zusammengestellten Zahlen, d. h. den auf 1 g Stickstoff entfallenden Brennwert, den „kalorischen Quotienten". Da der Kot, wie gesagt, fast kohlehydrat-

frei ist, so hängt der Gesamtbrennwert des Kotes vom Fett und von den stickstoffhaltigen Stoffen ab. Das Kotfett ist, wie auch schon ausgeführt, hauptsächlich ein Produkt der Verdauungsdrüsen. Das Verhältnis von Brennwert zu Stickstoff im fettfreien Kot, Stab 7, ist daher ein Maßstab, ob Störungen, sei es in der Aufsaugung der Kohlehydrate, sei es in der Absonderung stickstoffhaltiger Sekretstoffe, vorliegen.

Tabelle IXb enthält in der gleichen Anordnung die Ausnutzung für Stickstoff, Fett und Brennwert, ausgedrückt in Verlustprozenten der eingenommenen Nahrung (Stab 4—6), ferner die täglich entleerte Menge an lufttrockenem Kot (Stab 3).



Blick auf Brienz von unserer „unteren Versuchsstrecke".

Zusammensetzung unseres Kotes. Zur Entscheidung der Frage, ob sich individuelle Verschiedenheiten in dem prozentischen Stickstoff- und Fettgehalt des Trockenkots nachweisen lassen, sollen zunächst nur die Perioden miteinander verglichen werden, in welchen die äußeren Bedingungen für den einzelnen gleich sind und ein Einfluß der Muskelarbeit oder der Höhe noch nicht in Betracht kommt.

Unsere Kost war in der ersten und dritten Brienzer Periode, bezw. auf dem Rothorn, für alle fast völlig identisch. Trotzdem schwankt der Stickstoffgehalt des Trockenkotes von in maximo 6.3 % bis in minimo 4.9 %. Größer noch sind die Differenzen, wenn wir die Ruhezeit des Berliner Vorversuches hinzunehmen, bei dem eine von der Brienzer abweichende Nahrung verzehrt wurde. Hier beträgt

das Maximum	für Stickstoff	7.9 %,	das Minimum		4.9 %
„ „	„ Rohfett	28 %,	„	„	8 %
„ „	„ Brennwert	563 W.E.,	„	„	461 W.E.

Unsere Mittelzahlen: für Stickstoff (6.2 %) und für den Brennwert (504 Wärmeeinheiten) entsprechen fast genau den Atwaterschen Werten. Er fand im Durchschnitt von 47 Einzelperioden auf 100 g Trockenkot 5.33 g Stickstoff und 538 Wärmeeinheiten. Auch bei uns sind wie bei ihm die Differenzen für dieselbe Person zu verschiedenen Zeiten etwa ebenso groß wie zwischen verschiedenen Individuen. Von individuellen Differenzen oder einer Gruppierung ist also trotz der großen Schwankungen keine Rede. Ferner tritt ein Einfluß der Kost auf den prozentischen Stickstoffgehalt des Kotes beim Vergleich unserer Berliner und Brienzer Ruheperioden deutlich hervor, ein Befund, der ganz in Übereinstimmung steht mit den Erfahrungen von Rubner und Prausnitz.*)

Der Brennwert pro Gramm Stickstoff des fetthaltigen Kotes wechselt während der Ruheperioden zwischen 67—108, der des entfetteten zwischen 37—71 Wärmeeinheiten, also recht erheblich. Auch hier fehlen durchgreifende individuelle Unterschiede. Nicht einmal bei der, wie gesagt, sehr gleichartigen Kost der Brienzer Perioden I und III ist der kalorische Quotient im entfetteten Kot der einzelnen Personen konstant. Er schwankt hier immer noch zwischen 40 bis 60 Wärmeeinheiten pro Gramm Stickstoff.

Frentzel und Schreuer[7]) hatten seinerzeit bei Verwertung der Resultate nur unserer Berliner Vorversuche eine gewisse Konstanz der kalorischen Quotienten zu erkennen geglaubt. Der Mittelwert der damals untersuchten Kote betrug in Übereinstimmung mit dem von ausschließlich mit Fleisch gefütterten Hunden etwa 48 Wärmeeinheiten. Das gesamte, uns jetzt vorliegende Material erweist demgegenüber, wie gesagt, daß die Differenzen größer sind.

Trotzdem ist der kalorische Quotient des Kotes nicht ohne Bedeutung für das Studium der Vorgänge im Darmkanal. So ändert die Inanspruchnahme des Körpers durch starke Marschanstrengung während unserer Arbeitsperioden in Berlin und am Brienzer Rothorn nur wenig am prozentischen Stickstoff- und Fettgehalt, der kalorische Quotient dagegen weist auf eine durch die Märsche bedingte charakteristische Änderung der Darmabscheidungen hin. Die Werte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 4.

Kalorischer Quotient des entfetteten Kotes.

Wärmeeinheiten pro Gramm Stickstoff.

	Waldenburg		Kolmer		Caspari	Müller		Loewy
Ort . . .	Berlin	Brienz	Berlin	Brienz	Brienz	Berlin	Brienz	Brienz
Ruhe . . .	45.6	49.0	54.6	59.0	61.9	71.1	51.4	40.3
Arbeit . .	50.3	57.7	57.2	60.1	70.6	52.8	56.5	40.1

Bei allen, mit Ausnahme von Müller, im Berliner Vorversuch, und von Loewy, steigt der Quotient, d. h. der Brennwert ist im Verhältnis zum Stickstoffgehalt erhöht.

*) Wenn Schierbeck[27a]) in einer kürzlich erschienenen Arbeit individuelle Differenzen findet, und zwar derart, daß die eine Reihe von Personen bei jeder Kost einen Kot mit etwa 4,5 %, die andere mit etwa 6,5 % Stickstoff entleerte, während nur bei einer dritten die Änderung der Nahrung von entscheidendem Einfluß war, so stellt dieses Ergebnis jedenfalls nur ein seltenes Vorkommnis dar.

Es müssen sich also nichtfettartige Stoffe von hohem Brennwert infolge der angestrengten Muskeltätigkeit im Kot angehäuft haben, sei es zelluloseartige aus der Nahrung, oder schleimähnliche, die vom Darm in verstärktem Maße abgeschieden wurden. Mag das erstere vielleicht für die Berliner Versuche zutreffen, bei denen während der Märsche eine stärker kotbildende Nahrung genossen wurde, so ist es in Brienz, wie die später folgenden Berechnungen des in den Kot gehenden Anteils der Nahrung zeigen werden, sicher nicht der Fall. Man kann daher wohl mit gewisser Wahrscheinlichkeit den Grund in einer durch die Arbeit bedingten Vermehrung der Darmdrüsentätigkeit suchen.

Der Aufenthalt in großer Höhe dagegen hatte eine nur unerhebliche Wirkung auf den kalorischen Quotienten: Im entfetteten Kot finden wir während der Monte Rosa-Periode allein bei Loewy eine deutliche Steigerung (in Brienz 40, oben 50 Wärmeeinheiten). Das ist leicht verständlich, da im Kot völlig unveränderte Erbsen nachgewiesen wurden. Auch prozentischer Stickstoff- und Fettgehalt sowie Brennwert sind unter dem Einfluß der Luftverdünnung recht wenig geändert, wie die folgenden Tabellen zeigen.

Tabelle 5.

In 100 g Trockenkot sind enthalten:

	Waldenburg			Müller		
	Stickstoff g	Fett g	Brennwert W. E.	Stickstoff g	Fett g	Brennwert W. E.
Brienz bezw. Rothorn III	5.33	16.8	458.5	5.63	18.9	468.9
Col d'Olen	5.08	19.5	408.7	6.36	19.3	505.4

	Stickstoff in g				Fett in g				Brennwert fetthaltig				Brennwert fettfrei			
	Kolmer	Caspari	Loewy	Zuntz	Kolmer	Caspari	Loewy	Zuntz	Kolmer	Caspari	Loewy	Zuntz	Kolmer	Caspari	Loewy	Zuntz
Brienz bezw. Rothorn III	5.6	5.0	5.8	6.2	18.1	18.0	23.3	19.9	516	474	461	542	345	303	240	353
Margherita-Hütte . .	5.4	**8.3**	6.2	6.1	22.8	**35.7**	12.7	14.3	531	**821**	433	492	314	**482**	312	356

Eine bemerkenswerte Ausnahme macht Caspari, der am stärksten erkrankt war. Bei ihm sind auf dem Monte Rosa alle Werte erheblich erhöht, trotz viel geringerer Einnahme als in Brienz. Der hohe Stickstoffgehalt des Trockenkotes und die, wie später auszuführen ist, sehr schlechte Stickstoffausnutzung dürfen auf Verlust von unverdautem Nahrungseiweiß durch den Kot bezogen werden. Ob sich dagegen die Steigerung der prozentischen Fettmenge bei ihm durch den Übergang von Nahrungsfett in den Kot oder durch größere Lebhaftigkeit der Darmdrüsentätigkeit erklärt, ist schwer zu entscheiden. Das Anwachsen des Brennwertes endlich ist nur zum Teil durch die Fettzunahme bedingt. Denn auch der Brennwert des fettfreien Kotes ist ja erheblich höher als in der vorhergehenden Periode, zum Teil sicherlich infolge Anwesenheit der großen Menge stickstoffhaltiger Produkte.

Scheinen nach dem bisher Gesagten Märsche und Aufenthalt im Hochgebirge die Zusammensetzung der Darmabscheidungen nur in seltenen Fällen zu verändern, so ist doch ein konstanter Einfluß zu bemerken, wenn die Tage vor Aufenthalt auf dem Rothorn und vor den Marschübungen mit den ihnen folgenden verglichen werden.

Vom 5.—11. August waren alle in Brienz vereinigt (Periode I), am 12. fuhren dann drei Personen zu 12tägigem Aufenthalt auf das Rothorn hinauf. In diesen 12 Tagen (Periode II) führten beide Gruppen kleine und große Übungsmärsche aus, nach deren Abschluß die drei anderen Teilnehmer auf dem Rothorn stationiert wurden, während die ersten nach Brienz zurückkehrten (Periode III). In dieser letzten Periode standen also alle sechs unter Nachwirkung der Märsche, außerdem die ersten drei unter der des Höhenaufenthaltes, die zweiten drei unter direktem Einfluß der Höhe.

Die folgende Zusammenstellung zeigt nun, daß fast ausnahmslos (Zuntz wird bei der Betrachtung ausgeschaltet, da der Kot aus Brienz I beim Transport verloren ging) in 100 g Trockenkot der dritten Periode weniger Stickstoff, Fett und brennbare Stoffe enthalten waren als in der ersten.

Tabelle 6.

In 100 g Trockenkot sind enthalten:

Name	Periode	Stickstoff g	Rohfett g	Brennwert W. E.
Waldenburg	Brienz I	6.04	17.7	465.3
	Rothorn III	5.33	16.8	458.5
Kolmer	Brienz I	5.72	19.4	524.0
	Brienz III	5.61	18.1	516.5
Caspari	Brienz I	4.91	23.6	529.1
	Rothorn III	4.96	18.0	473.9
Müller	Brienz I	6.19	19.9	507.8
	Brienz III	5.63	18.9	468.9
Loewy	Brienz I	6.35	22.4	470.8
	Brienz III	5.78	23.3	461.4

Ob es sich hier mehr um einen besonderen Einfluß des Aufenthaltes in mittlerer Höhe oder um Nachwirkungen der vorangegangenen Märsche handelt, soll, da auch die Ausnutzung ähnliches ergab, erst bei dieser näher erörtert werden.

Individuelle Verschiedenheiten der Ausnutzung. Die Kost war bei den 6 Versuchspersonen nicht vollkommen identisch (siehe Tabelle Ia des Anhanges). Das mußte dem früher Gesagten zufolge kleine Unterschiede in der Ausnutzung bedingen. Zwischen Periode I und III des Hauptversuches im August fehlt allerdings fast jede Verschiedenheit, so daß die hier erhaltenen Ausnutzungszahlen zunächst ohne weiteres miteinander verglichen werden können.*) Trotz der Übereinstimmung in der Ernährung sind nun doch beträchtliche Differenzen in der absoluten Menge des Trockenkotes nachzuweisen, welche für die Ausnutzung

*) Bei Müller allein war die Nahrung in Periode I und III verschieden reich an stark kotbildenden Bestandteilen, er wurde daher bei dieser Vergleichung nicht berücksichtigt.

mehr in Betracht kommen als die geringen Unterschiede in der prozentischen Zusammensetzung desselben. Der Fettverlust betrug

in minimo (bei Müller) . . . . . 2.3 % der Einnahme
in maximo (bei Loewy) . . . . . 4.1 % „ „

Der Brennwertverlust stellte sich

in minimo (bei Müller) auf . . . . 2.6 % der Einnahme
in maximo (bei Müller) auf . . . . 4.5 % „ „

Gesetzmäßigkeiten haben wir aus diesen Werten aber nicht folgern können. Dagegen liegt eine solche für den Stickstoff vor. Es lassen sich zwei Gruppen von Individuen unterscheiden, von denen die erste die stickstoffhaltigen Nahrungsbestandteile besser, die zweite schlechter ausnutzt, dabei beträgt die Menge des Trockenkotes im Mittel pro Tag bei jener 22 g, bei dieser 27 g pro Tag.

Tabelle 7.

Stickstoffverlust in Prozenten des eingeführten Stickstoffs.

Periode	Gruppe I		Gruppe II	
	Kolmer	Caspari	Waldenburg	Loewy
Brienz I	6.2	6.1	9.8	10.7
Brienz III bezw. Rothorn III .	7.6	6.6	9.4	7.6

Für die Vergleichung aller Ruheperioden stehen wir jetzt vor der Frage, ob man trotz der Verschiedenheiten in der Kost die Ausnutzung bei den sechs Personen doch vergleichen darf. Es ist ja selbstverständlich, daß nach Genuß von 100 g Schokolade, deren Stickstoff zu 32 % in den Kot geht, der Verlust größer sein wird, als wenn statt dessen Käse mit durchschnittlich $2\frac{1}{2}$ % Verlust genossen wird. Allerdings ist es, zumal bei gemischter Kost, recht schwer, Mittelwerte für die Ausnutzung anzugeben. Hatten wir doch erwähnt, daß erhebliche individuelle Schwankungen vorkommen, und daß die einzelnen Nahrungsbestandteile sich auch zuweilen gegenseitig beeinflussen, so daß die Addition der Verlustzahlen der einzelnen Stoffe durchaus nicht den richtigen Gesamtverlust anzugeben braucht. Trotz der hieraus resultierenden Unsicherheit können wir indes die durch Kostverschiedenheiten hervorgerufenen Variationen der Ausnutzung in Betracht ziehen, wenn wir im Auge behalten, daß wir nur Annäherungswerte vor uns haben. Im folgenden werden wir daher — und zwar auch späterhin beim Vergleich von Ruhe und Marschzeiten, bei denen gerade die Marschzulage sehr verschiedenartig war, und teils aus Schokolade, teils aus Bier, Butter und Zucker bestand — durchgehend für Backware, Mehlspeisen, Reis und grünes Gemüse 20 % Stickstoffverlust annehmen. Für Käse und Fleischeiweiß setzen wir 2.5 % Verlust an und für die von uns verzehrte Schokolade auf Grund der mit derselben ausgeführten Versuche von Zuntz und Bendix 32.2 %[2)32)] (siehe Tabelle IXc des Anhangs). So können wir nun rechnerisch feststellen, ob sich beim Vergleich der Ruhezeiten in Berlin, Brienz und auf dem Rothorn individuelle Verschiedenheiten in der Ausnutzung ergeben.

Die folgende Tabelle zeigt, daß die gefundenen Werte nur wenig von den berechneten abweichen. Wir sind daher berechtigt, auch fernerhin die direkt gefundenen Ausnutzungszahlen auf dieselbe Weise zu korrigieren und so miteinander vergleichbar zu machen.

Tabelle 8.

Versuchsperson	Periode	Trockenkotmenge pro Tag	Stickstoffverlust in % der Einnahme		Der Stickstoff der Nahrung wird prozentisch ausgenutzt:	
			auf Grund der vorliegenden Mittelwerte der Ausnutzung berechnet	gefunden	besser als berechnet	schlechter als berechnet
Waldenburg	Vorversuch I	17.0	6.2	4.9	1.3	
	Brienz I . . .	28.3	7.9	9.8		1.9
	Rothorn III .	30.9	8.2	9.4		1.2
Kolmer	Vorversuch I	24.1	13.0	15.2		2.2
	Brienz I . . .	20.0	8.1	6.2	1.9	
	Brienz III . .	25.7	8.0	7.6	0.4	
Caspari	Vorversuch I	14.7	9.9	8.7	1.2	
	Brienz I . . .	21.0	7.3	6.1	1.2	
	Rothorn III .	22.6	7.6	6.6	1.0	
Müller	Vorversuch I	29.6	9.4	13.7		4.3
	Brienz I . . .	25.7	7.9	9.7		1.8
	Brienz III . .	16.1	7.3	5.5	1.8	
Loewy	Vorversuch I	37.9	6.8	[19.7]		12.9
	Brienz I . . .	27.3	6.7	10.7		3.0
	Brienz III . .	20.7	6.8	7.6		0.8
Zuntz	Vorversuch I	17.9	7.6	11.3		3.7
	Rothorn III .	22.9	8.4	9.1		0.7

Wir sehen zunächst, daß, wie zu erwarten, der Stickstoffverlust je nach der Menge unverdaulicher Stoffe schwankt.

		bei stark kotbildender Kost	bei wenig kotbildender Kost	
Es zeigten:	Kolmer . .	15.2 %	6.2 %	Stickstoffverlust
	Müller . .	13.7 %	9.7 %	„

Im ganzen ergibt sich aber die gleiche Gruppierung, die wir bei direkter Vergleichung der Versuchsergebnisse von Periode I und III konstatiert hatten. Caspari hat immer, Kolmer meist geringere Verluste, als nach ihrer Nahrung zu erwarten war, beide bei relativ kleinen Kotmengen. Umgekehrt ist ausnahmslos bei Loewy und Zuntz, meist bei Waldenburg und Müller der Verlust erheblicher und die Kotmenge relativ hoch. Die stärkste Abweichung von den berechneten Werten zeigt Loewy. Dieser neigte aber vor Beginn der Vorversuche sogar zu direkten Verdauungsstörungen. Er hatte während vieler Monate des Jahres 1900 bis zum November an chronischem Darmkatarrh gelitten. Der Stickstoffverlust von 19.7 % der Einnahme in der ersten Berliner Ruhezeit muß daher noch als pathologisch angesehen werden und läßt

sich nicht ohne weiteres mit den Zahlen der anderen vergleichen. Der Wert ist aber außerordentlich interessant. Fühlte sich Loewy doch zur Zeit des Versuches vollkommen wohl und betrachtete die Darmstörung als vollkommen ausgeheilt. Trotzdem sehen wir, daß er von dem zugeführten Eiweißmaterial dreimal so viel verliert, als man für die betreffende Kost hätte erwarten sollen, und daß er erheblich größere Kotmengen entleerte, obwohl von Durchfall keine Rede mehr war. Man nimmt meist an, daß nur unter dem Einfluß evidenter Darmstörungen eine Verschlechterung der Ausnutzung statt hat.[18]) Die von uns gefundene Tatsache zwingt zu dem Schluß, daß die Störungen länger als die manifeste Erkrankung andauern können und vielleicht häufiger auftreten, als man bisher zu beobachten Gelegenheit hatte. Es wird danach leicht verständlich, daß die Kräftigung nach Darmkatarrhen eine so schleppende ist, daß es oft Wochen dauert, bis nach Aufhören der wirklichen Krankheit die volle Arbeitsfähigkeit wiederkehrt. Es ist auch leicht einzusehen, wie vorsichtig man überhaupt nach Darmstörungen die Nahrung, speziell vom Standpunkt der leichten Verdaulichkeit, auszuwählen hat. Besonders der Tourist, dessen Stoffbedarf durch die körperliche Arbeit erheblich gesteigert ist, muß sich vor derartigen Störungen hüten und sollte, wenn sie bestehen, auf anstrengende Bergmärsche verzichten, zumal dazu noch der schädigende Einfluß kommt, den die Marscharbeit, wie wir gleich hören werden, häufig auf die Ausnutzung hat.

Fassen wir unsere Befunde zusammen, so haben wir bei normalem Funktionieren des Darmkanals individuelle Verschiedenheiten der Stickstoffausnutzung feststellen können, die vornehmlich durch die individuell sehr erheblich schwankenden Mengen des Trockenkotes, weniger durch Differenzen in der prozentischen Zusammensetzung desselben, bedingt sind.

Einfluß der Märsche auf die Ausnutzung. Im Berliner Vorversuch betrug die Ruhezeit vier Tage, die Marschperiode, in der täglich ca. 20 km in drei bis vier Stunden zurückgelegt wurden, sechs Tage. Wir finden bei dem Versuch im Dezember für Loewy und Müller folgende Werte:

Tabelle 9.

	Loewy			Müller			
	Trockenkot g	Stickstoffverlust %	Brennwertverlust %	Trockenkot g	Stickstoffverlust %	Fettverlust %	Brennwertverlust %
Ruhezeit	38	19.7	6.8	30	13.7	1.6	5.4
Märsche	22	9.6	3.3	21	11.4	1.9	3.4

Die Ausnutzung ist während der Märsche nach jeder Richtung hin verbessert. Für den Stickstoff ist dieser Effekt sogar noch erheblich größer, als sich in der Tabelle darstellt, da während des Marsches eine Nahrung aufgenommen wurde, die an sich mehr Stickstoff in den Kot liefern mußte. Die bei beiden Per-

sonen gefundene Verbesserung ist aber nur bei Müller mit Sicherheit auf den Einfluß der Marscharbeit zu beziehen.*) Für Loewy ist das Resultat nicht eindeutig. Da sich aber seine, wie erwähnt, monatelang abnorme Verdauung jetzt fortdauernd günstiger gestaltete, so darf man wohl auch für ihn von einem heilsamen Effekt der Muskelarbeit sprechen, der die fortschreitende Gesundung jedenfalls unterstützte.

Ein anderes Resultat ergab der Berliner Vorversuch im April:

Tabelle 10.

	Waldenburg				Kolmer			
	Trockenkot pro Tag	Verlust in % der Einnahme			Trockenkot pro Tag	Verlust in % der Einnahme		
		Stickstoff	Fett	Brennwert		Stickstoff	Fett	Brennwert
Ruhezeit . .	17	4.9	3.1	2.8	24	15.2	2.3	4.2
Märsche . .	23	6.1	2.6	2.8	39	21.6	2.3	5.1

Die bei Waldenburg und Kolmer zunächst auffallende Differenz in der Ausnutzung schon während der Ruhe ist auf Grund der Verschiedenheit ihrer Kost verständlich. Waldenburg aß viel Käse, Kolmer viel Schokolade. Während der Marschzeit verschlechterte sich nun die Stickstoffausnutzung unter Zunahme der Kotmenge bei beiden. Sie nahmen allerdings etwas mehr kotbildende Speisen, aber die tatsächliche Verschlechterung ist doch viel größer, also durch die geringe Koständerung nicht erklärt, so daß die Märsche hier auf die Ausnutzung ungünstig gewirkt haben. Für Kolmer kommt hinzu, daß er infolge wenig ansprechender Zubereitung der Kost im Laboratorium schon am vierten Tage des zehntägigen Versuchs den Appetit völlig verlor. Das Essen erregte ihm Ekelgefühl und er mußte sich die Mittagsmahlzeit geradezu einzwingen. Da die Pawlowschen Untersuchungen gezeigt haben, wie bedeutungsvoll Störungen des Appetits die Absonderung der Verdauungssekrete beeinflussen, so läßt es sich nicht von der Hand weisen, daß derartige Momente hier mit im Spiele waren. —

Während der Marschzeiten im Sommer am Brienzer Rothorn finden wir ausnahmslos eine Erhöhung des Stickstoffverlustes:

Tabelle 11.

Verlust in Prozenten der Einnahme.

Periode	Gruppe I: Kolmer, Loewy	Trockenkot pro Tag	Stickstoff	Fett	Brennwert	Gruppe II: Waldenburg, Caspari, Zuntz	Trockenkot pro Tag	Stickstoff	Fett	Brennwert
I	Brienz . . .	23.6	8.44	3.22	3.67	Brienz . . .	24.6	9.00	3.42	3.93
II	Rothorn . . .	28.1	10.22	3.27	4.06	Brienz . . .	28.6	10.03	3.08	4.33
III	Brienz . . .	23.2	7.61	2.99	3.42	Rothorn . .	25.5	8.35	3.31	4.05

*) Während der Stickstoffverlust um 2,3 % abnimmt, hätte er auf Grund der Änderungen in der Zusammensetzung der Nahrung um 3,4 % zunehmen müssen!

Daran ist die Zunahme der schlackenreichen Stoffe nur zum geringsten Teile schuld. Bei Kolmer und Loewy fällt die Zeit der Übungsmärsche mit dem Aufenthalt auf dem Gipfel des Rothorns zusammen. Daß die Höhe aber der ausschlaggebende Faktor für die Erhöhung der Stickstoffverluste nicht ist, ergibt eine Betrachtung der Ausnutzungswerte der zweiten Gruppe. Bei dieser war nämlich der Verlust während der Ruhezeit in der Höhe sogar geringer als im Tale. Es müssen daher die Märsche sein, die nachteilig gewirkt haben. Bei Müller, der bisher noch nicht besprochen wurde, erscheint im Gegensatz zu den anderen der Stickstoffverlust in der Marschzeit geringer als in der Ruhe, 6.5 gegenüber 9.7 %. Das hängt aber mit Änderungen in seiner Kost zusammen, so daß die bessere Ausnutzung jedenfalls zum Teil eine Folge der weniger schlackenreichen Nahrung ist.

Im Vergleich zum Stickstoff ändert sich Fett und Brennwert während der Märsche bei allen nur wenig und in individuell verschiedener Weise. Auch hier tritt, wie im Berliner Vorversuch, die Unabhängigkeit des Fettgehaltes im Kot von dem der Nahrung aufs deutlichste hervor. So steigt die Fetteinnahme bei der Rothorngruppe infolge der Marschzulage um 14 %, der Fettverlust im Kot bleibt fast unverändert.

Der Widerspruch, daß die Märsche während des Brienzer Aufenthaltes die Ausnutzung fast ausnahmslos, in Berlin dagegen nur ausnahmsweise verschlechterten, daß andererseits Atwater, Rosenberg u. a. jede Wirkung der Arbeit vermißten, dürfte sich folgendermaßen erklären: Die Märsche am Rothorn fanden im Sommer, die anderen Arbeitsversuche alle im Winter statt. Jedermann weiß aber, wie empfindlich gerade im Sommer die Verdauungsorgane sind, wie leicht sich Durchfälle einstellen, die, wie bei Loewy in Berlin, von lange andauernder Steigerung des Stickstoffverlustes gefolgt sein können. Das ist ja eine der Ursachen, welche in den Tropen die Menschen oft zu viele Monate dauernder Unterernährung zwingt, weil jede Nahrungsaufnahme die gefürchteten Durchfälle zur Folge hat (R. E. Ranke[23a]). Im Hochgebirge hatte nur Zuntz mehrfach unter dieser Einwirkung der Hitze zu leiden. Die anderen wiesen, wohl infolge der reizlosen gleichmäßigen Kost, keine offenkundigen Störungen der Darmtätigkeit auf, aber die Zunahme der Kotbildung während der Marschzeit zeigt auch bei ihnen eine erhöhte sekretorische Tätigkeit der Verdauungsorgane an. Übrigens finden sich in der Literatur Beispiele eines ähnlichen Verhaltens. So erhielten Grandeau und Leclerc[7a]) bei Pferden, die längere Zeit in raschem Tempo liefen, Vermehrung der Kotmenge und eine um mehrere Prozente schlechtere Ausnutzung als bei im Schritt gehenden Tieren, selbst wenn letztere eine absolut größere Arbeit leisteten. Auch in unseren Versuchen sind durchgehends Stickstoffverlust und Menge des Kotes in gleichem Sinne geändert.

Einfluß der Höhe. Bei der geringen Höhendifferenz von 500 m zwischen Berlin und Brienz war eine Beeinflussung der Ausnutzung durch den Ortswechsel kaum zu erwarten. Wurde doch im Vorstehenden schon berichtet, daß Differenzen in der Verwertung der Nahrung an beiden Orten sich ohne weiteres aus Änderungen in der Kost erklären. Demgegenüber finden wir recht auffallende Verschiedenheiten

beim Vergleich der Ausnutzung in Brienz vor dem Aufenthalt auf dem Rothorn (Periode I) und nach resp. während desselben (Periode III) [vergl. Tabelle 8 auf S. 218]. Bei Müller und Loewy ist in Periode III die Stickstoffausnutzung erheblich verbessert, bei Waldenburg ist eine Verbesserung angedeutet. Für Zuntz fehlt der Ruhewert aus Brienz vor dem Rothornaufenthalt (Periode I), doch können wir, auf seine Berliner Zahl (Berliner Ruhezeit) gestützt, auch bei ihm eine bessere Verwertung der Nahrung während des Rothornaufenthaltes nachweisen. Caspari kommt zum Vergleich nicht in Betracht, da Änderungen in der Nahrung das Resultat beeinflussen. Bemerkenswert ist, daß Kolmer eine Ausnahme macht. Gerade diese ist geeignet, die Ursache der gefundenen Differenz zu beleuchten. Er war der einzige von uns, der vollkommen trainiert und für mittlere Höhen akklimatisiert an die Versuche heranging.

In der Verbesserung der Nährstoffverwertung erkennen wir jedenfalls ein ökonomischeres Arbeiten des Verdauungsapparates. Die Wirkung des Höhenaufenthaltes und der vorangegangenen Märsche prägte sich übrigens, wie die folgenden Kapitel lehren werden, analog der Verbesserung der Ausnutzung auch darin aus, daß in der gleichen Periode Atmung und Herz ruhiger arbeiteten, sowie Stoffverbrauch und Eiweißumsatz herabgesetzt waren. Alles Anzeichen dafür, daß der gesamte Organismus sparsamer wirtschaftete als zuvor!

Zur Erklärung dieses eigentümlichen Befundes kommen zwei Momente in Betracht, Höhe und Muskelarbeit. Nur bezüglich der letzteren befanden sich die vier Versuchspersonen unter gleichen Bedingungen, insofern es sich in dieser III. Periode um eine der anstrengenden Muskeltätigkeit folgende Ruhezeit handelt. Bezüglich der Höhe verhielten sie sich verschieden. Müller und Loewy befanden sich nach beendetem Höhenaufenthalt wieder in Brienz, Waldenburg und Zuntz begannen denselben auf dem Rothorn. Für Loewy und Müller kann daher die Nachwirkung beider als Ursache der Sparung in Betracht gezogen werden. Waldenburg und Zuntz aber standen unter dem direkten Einfluß des Höhenklimas. Da sie genau das gleiche Verhalten wie die Erstgenannten aufwiesen, so spricht dieser Umstand in dem Sinne, daß die voraufgegangene Muskelarbeit der entscheidende Faktor für die Verbesserung der Verdauungsprozesse gewesen ist.

Dadurch wird nun die bekannte Tatsache verständlich, daß sich nach Bergtouren, welche die Kräfte stark in Anspruch nehmen, in den darauffolgenden behaglichen Ruhezeiten die durch ungewohnte Marschleistungen zunächst hervorgebrachte Einbuße nicht nur ausgleicht, daß vielmehr im Gegenteil als Endeffekt solcher Gebirgsreisen bei vielen eine gesteigerte Leistungsfähigkeit, eine Zunahme des Gewichts, überhaupt eine Stärkung des Gesamtorganismus resultiert. Hier werden weitere Arbeiten einzusetzen haben, um den Einfluß der Nachwirkung des Höhenaufenthaltes einerseits, der Muskeltätigkeit andererseits gesondert beurteilen zu können.

Mit der Höhe von Col d'Olen (2900 m) treten die Wirkungen der Höhe auf die Verdauungsprozesse deutlich hervor. Während des fünftägigen Aufenthaltes von Waldenburg und Müller hier oben fehlten zwar evidente Verdauungsstörungen

vollkommen. Trotzdem sehen wir bei beiden eine Verschlechterung der Ausnutzung, die nicht nur den Stickstoff, sondern auch Fett und Brennwert betrifft. Dabei war die Nahrung ziemlich gleich, nur ein wenig kohlehydratreicher als in der vorhergehenden Periode.

Tabelle 12.

Periode	Waldenburg				Müller			
	Trockenkot pro Tag g	Verlust in % der Einnahme			Trockenkot pro Tag g	Verlust in % der Einnahme		
		Fett	Brennwert	Stickstoff		Fett	Brennwert	Stickstoff
Periode III . . .	30.9	3.5	4.4	9.4	16.1	2.3	2.6	5.5
Col d'Olen (IV).	32.3	4.2	4.9	10.4	18.5	2.7	2.8	7.7

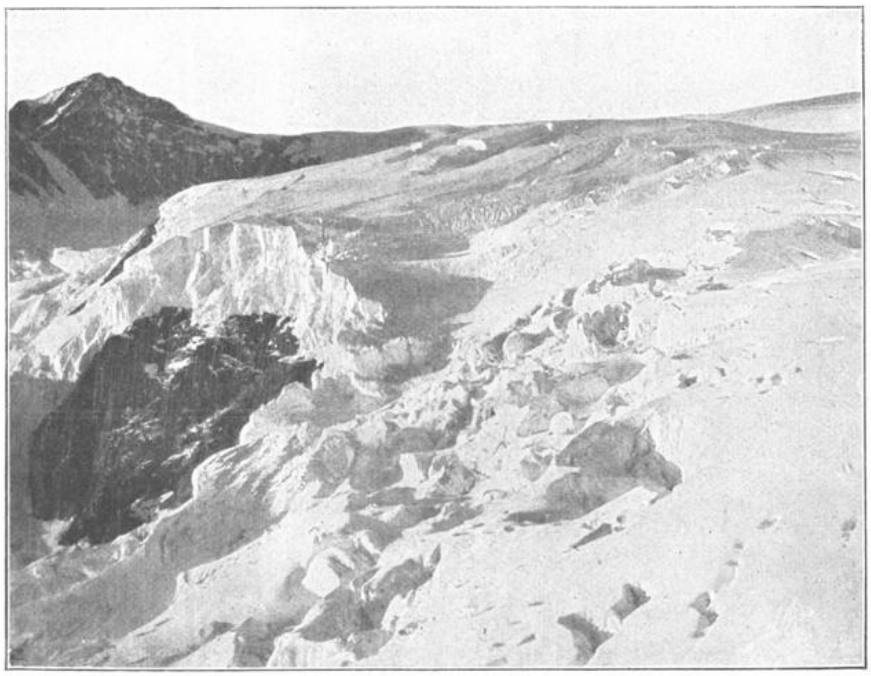
Viel stärker noch macht sich der Einfluß der Höhe in der Margherita-Hütte bemerkbar. Er tritt aber in unseren Werten noch nicht einmal mit seiner vollen Größe hervor, weil die Periode schon mit dem Abmarsch von Gressoney am 1. September begann, in den ersten zwei Tagen des Aufstieges zum Monte Rosa aber bei völligem Wohlbefinden eine so große Nahrungsmenge eingenommen wurde, wie im ganzen in den sieben Tagen des Aufenthaltes oben. Die faktische Höhenwirkung muß daher viel bedeutender sein, als aus unseren Zahlen hervorgeht (siehe die folgende Tabelle 13).

Tabelle 13.

Name	Periode	Trockenkot pro Tag g	Im Kot pro Tag			Verlust in % der Einnahme		
			Stickstoff g	Fett g	Brennwert W. E.	Stickstoff g	Fett g	Brennwert W. E.
Kolmer	Brienz III	25·7	1.4	4.6	133	7.6	2.7	3.7
	Monte Rosa	22.1	1.2	5.0	117	**10.7**	4.7	4.8
Caspari	Rothorn III	22.6	1.1	4.0	106	6.6	2.9	3.4
	Monte Rosa	21.2	1.8	7.6	174	**20.8**	**9.8**	9.2
Loewy	Brienz III	20.7	1.2	4.8	96	7.6	3.3	3.3
	Monte Rosa	21.2	1.3	2.7	91	**17.0**	3.5	4.6
Zuntz	Rothorn III	22.9	1.4	4.6	124	9.1	3.5	4.3
	Monte Rosa	23.4	1.4	3.3	110	**12.9**	3.1	5.7

Erinnern wir uns aus Kapitel IV an die Schilderung des Befindens der vier oben weilenden Personen während dieser Tage, so waren Kolmer und Caspari am schwersten und nachhaltigsten von der Bergkrankheit betroffen. Loewy fühlte sich zwar zunächst auch sehr unwohl, erholte sich aber schneller. Zuntz vertrug die Höhe am besten. Nach dem, wie gesagt, auf drei Tage verteilten, durchaus nicht anstrengenden Aufstieg von Gressoney bis zum Gipfel, der ohne erhebliche Störungen bei allen abgelaufen war, setzten bald nach Eintreffen in der Margherita-Hütte die Symptome der Bergkrankheit: Übelkeit, Brechneigung, Atemnot und Kopfschmerzen mit

voller Stärke ein. Es bestand Widerwillen gegen jederlei Nahrung, der vom dritten Tage des Hüttenaufenthaltes ab allmählich nachließ. Kolmers Appetit hob sich langsam, ohne aber ausreichend zu werden, Caspari dagegen behielt das Ekelgefühl und den Appetitmangel bis zum letzten, dem achten Tage. Beide aßen vorwiegend Fleisch und Käse, also eine wenig kotbildende Kost. Loewy empfand, ebenso wie Caspari, starke Abneigung gegen Fett, seine Nahrung bestand vorwiegend aus Kohlehydraten. Zuntz hatte schon am zweiten Tage etwas Appetit und begann sich fast vorschriftsgemäß mit Fett, Eiweiß und Kohlehydrat zu ernähren. Er allein von allen konnte am letzten Tage endlich seinen Bedarf an



Absturz des Lysgletschers (oberhalb der Gnifetti-Hütte).

Nahrungsmaterial vollkommen decken. Die mittlere tägliche Nahrungsmenge war also bei allen geringer als in der Periode zuvor (siehe Tabelle Ia des Anhanges).

Wir sehen, wie bei allen trotz Abnahme der Nahrungsmenge die Menge des Kotes annähernd gleich bleibt. Es wurde also verhältnismäßig mehr Trockensubstanz ausgeschieden als in der Periode zuvor. Beispielsweise nahm der Trockensubstanzgehalt der Nahrung auf dem Monte Rosa:

bei Kolmer im Vergleich zu Brienz (III) um 29 %, bei Zuntz im Vergleich zu Rothorn (III) um 18 % ab, der Trockensubstanzgehalt des Kotes dagegen nur um 14 % ab bezw. sogar um 2 % zu.

Die Ausnutzung ist ausnahmslos erheblich verschlechtert. Am eklatantesten tritt dies beim Stickstoff hervor, am wenigsten im Fett. Auf der Höhe des Monte Rosa tritt also bei allen vier Versuchspersonen eine Störung der Verdauungs-

prozesse zutage, die in einer vermehrten Bildung von Darmsekret oder größerem Verlust von unverarbeitetem Nahrungsmaterial bestehen kann.*)

Man könnte bei der verminderten Nahrungsaufnahme Bedenken tragen, allein aus dem prozentischen Verlust der Nährstoffe bindende Schlüsse auf eine Störung der Darmtätigkeit zu ziehen. Diese Zweifel fallen aber da fort, wo sowohl dieser prozentische Verlust wie die absolute Menge der täglich im Kot abgeschiedenen Stoffe gesteigert ist. Bei Caspari gilt dies für alle drei Kategorien, bei Loewy für Stickstoff, bei Kolmer für Fett. Bei Zuntz endlich weist der unveränderte absolute Stickstoffverlust bei geringerer Stickstoffzufuhr gleichfalls auf Störungen hin.

Interessant ist, daß gerade der am schwersten erkrankte Caspari auch zahlenmäßig die schwerste Darmstörung erkennen läßt (Durchfälle fehlten vollkommen, es bestand im Gegenteil Verstopfung!), und wie individuell verschieden bei dem einen mehr die Fett-, bei dem anderen die Stickstoffverwertung leidet.

Suchen wir nach dem maßgebenden Faktor, der von einer bestimmten Grenze an in der Höhenluft die Schädigung der Verdauungsprozesse herbeiführt, so können wir ihn in dem Sauerstoffmangel vermuten. Es würde sich so eine Analogie zu der die Ausnutzung verschlechternden Wirkung der Muskelarbeit ergeben, bei welcher die veränderte Blutverteilung Sauerstoffarmut im Darm herbeiführt. Wissen wir doch, daß sich das Blut während der Arbeit im Körper derart verteilt, daß die arbeitende Muskulatur, ferner das Gehirn und die Haut, blutreicher werden, der Darm dagegen blutärmer wird. In besonders schöner Weise haben das die Versuche von J. Ranke[23]) und von Chauveau und Kaufmann[4]) gezeigt. Letztere fanden, daß beim Pferd die einen Kaumuskel pro Minute durchströmende Blutmenge in der Ruhe 17.5 %, in der Tätigkeit 85% des Gewichts des Muskels ausmachte. Da der Darm von allen Gebieten des Körpers zuerst sein Blut hergibt, wenn es in anderen Regionen gebraucht wird, so ist leicht verständlich, daß die Durchblutung während der Muskelarbeit verschlechtert und eine Schädigung der Verdauungsprozesse herbeigeführt wird. In den großen Höhen des Monte Rosa haben wir andererseits allgemeinen Sauerstoffmangel. Damit die wichtigsten Organe, vor allem das Gehirn, genügend Sauerstoff erhalten, wird das Blut wiederum dem Darm entzogen. Diesen Vorgang sehen wir am ausgeprägtesten bei der Erstickung, also hochgradigstem Sauerstoffmangel, bei der sich die Darmgefäße bis zum vollständigen Verschluß kontrahieren. Auch kennen wir die zahlreichen Verdauungsstörungen blutarmer Individuen, bei welchen ein zu sauerstoffarmes Blut im Körper kreist. Durch Sauerstoffmangel bedingte Verdauungsstörungen können nun wohl bestehen, ohne daß sonstige Symptome desselben, vor allem Hirnerscheinungen, zur Beobachtung gelangen. Wird nämlich das Hirn gut durchblutet, so fehlen Schwindel, Kopfschmerz usw., die Verdauungsorgane sind aber dauernd ungünstig versorgt. Dies erklärt uns, weshalb auf Col d'Olen zwar keine Allgemeinstörungen auftraten, wohl aber eine Ver-

*) Im letzteren Sinne spricht sowohl der ganz enorm hohe prozentische Stickstoffgehalt des Kotes von Caspari, der auf Vorhandensein von Eiweiß oder dessen nächsten Abkömmlingen hindeutet, wie die Tatsache, daß im Kot von Loewy wenig veränderte Erbsen direkt nachzuweisen waren. Sicher läßt sich die Frage allerdings nur durch mikroskopische Untersuchung des frischen Kotes entscheiden; der Trockenkot, den wir allein untersuchen konnten, ist erheblich schwieriger mikroskopisch in seine Bestandteile zerlegbar.

schlechterung der Verdauungsprozesse nachgewiesen wurde, und daß bei einigen von uns auf dem Monte Rosa die bei Darmerkrankungen häufige Appetitlosigkeit und das Ekelgefühl anhielten, während Atemnot und Kopfschmerzen überwunden waren. Doch abgesehen von Beeinträchtigungen der Darmtätigkeit kann die mangelhafte Hirndurchblutung auch direkt zu Appetitstörung führen. Daß der Appetit aufs feinste von dem Verhalten des Zentralnervensystems beeinflußt wird, weiß ja jedermann. Die Pawlowschen Untersuchungen haben außerdem zahlenmäßige Belege dafür geliefert, wie sehr die Tätigkeit der Verdauungsdrüsen und die Zusammensetzung der von ihnen produzierten Sekrete vom „Appetit" abhängen. Hatten wir auch nicht ausnahmslos unter wirklichem Ekelgefühl zu leiden, so empfanden wir doch alle während des Aufenthaltes in der Margherita-Hütte eine ausgesprochene Neigung für appetitanreizende Speisen, die nach dem Eintreffen auf Col d'Olen und in der Gnifetti-Hütte vollkommen fehlte. So konnten sowohl Kolmer, der sonst gänzlich alkoholabstinent lebt, wie Zuntz, welcher nur ausnahmsweise Alkohol zu sich nimmt, zweifellos große Förderung ihres Wohlbefindens durch den Genuß von Glühwein konstatieren, ganz abgesehen von der dadurch erzielten Erwärmung. Ähnlich erging es später Müller bei seinem Aufenthalt auf der Hütte: Die unangenehmen Empfindungen von seiten des Magens und Darmes gingen auch bei ihm durch Alkoholgenuß bald vorüber. Da Alkohol die Magensaftsekretion anregt, ist die Wirkung leicht verständlich und, wie wir uns auch sonst zum Alkoholgenuß im Hochgebirge stellen mögen, hier ist jedenfalls ein günstiger Effekt auf die Symptome der Bergkrankheit nicht zu leugnen.

Fassen wir unsere Resultate zusammen, so haben wir:

Erstens individuelle Verschiedenheiten in der Ausnutzung einer annähernd gleichen, leicht verdaulichen Nahrung gefunden.

Zweitens bewirkten die Märsche während der Wintermonate Verbesserung, während der Sommermonate fast durchgehends Verschlechterung der Ausnutzung der Nährstoffe, vor allem des Stickstoffs. Als Nachwirkung der Trainiermärsche und vielleicht auch des Aufenthaltes in 2300 m Höhe trat Verbesserung der Ausnutzung ein.

Was drittens den direkten Einfluß der Höhe betrifft, so verhielten sich mittlere und große Berghöhen verschieden. Erstere zeigten keinen nachweisbaren Einfluß, letztere (2900 m und 4500 m) dagegen bewirkten eine Steigerung der Stoffverluste infolge von Störungen der Verdauungsprozesse.

Literatur.

[1]) Atwater:
[a]) Zeitschrift für Biologie 1887. Bd. 24.
[b]) Chemistry and economy of food. Washington 1895. U. S. Department of Agriculture Office of experimental Stations. Bulletin. Nr. 21.
[c]) Annual Report of Connecticut Storrs Station 1896.
[d]) Bulletin U. S. Department of Agriculture: Nr. 89 (Versuche 1897/99) [Ch. E. Wait].
" " " " 1901, Nr. 98 [Atwater und Sherman].
" " " " 1902, Nr. 21 (Versuche 1900/01) [H. C. Sherman].
" " " " 1904 (Versuche 1901/1903), Nr. 149.
[e]) Ergebnisse der Physiologie von Asher-Spiro 1904. Bd. I.

[2]) B. Bendix: Therapeutische Monatshefte 1895, Juli.
[3]) Camerer: „Stoffwechsel des Kindes". Tübingen 1894.
[4]) Chauveau und Kaufmann: Comptes rendus de l'Ac. Sciences Bd. 104, 105.
[5]) Constantinidi: Zeitschrift für Biologie. 1887. Bd. 23.
[6]) J. Frentzel und N. Toriyama: Archiv für Anatomie und Physiologie 1901.
[7]) J. Frentzel und M. Schreuer: Archiv für Anatomie u. Physiologie 1901, 1902, 1903.
[7a]) Grandeau und Leclerc: Études expérimentales sur l'administration du cheval de trait.
[7b]) Heidenhain: Hermanns Handbuch der Physiologie. Bd. V, 1.
[8]) Hultgren und Landergreen: Skand. Archiv; Malys Jahresberichte. Bd. 19. 1891.
[9]) J. König: „Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel". IV. Aufl. Teil I u. II.
[9a]) Kellner: „Landwirtschaftliche Versuchsstationen".
[10]) Krummacher: Pflügers Archiv 1890. Bd. 47. — Zeitschrift für Biologie 1896. Bd. 33.
[11]) Lange: Jahrbuch für Kinderheilkunde 1895. Bd. 39.
[11a]) Lavonius: Skandinav. Archiv. 1905.
[12]) C. Lehmann, Fr. Müller, J. Munk, H. Senator, N. Zuntz: Virchows Archiv 1893. Bd. 131, Suppl.
[13]) Malfatti: Wiener Sitzungsberichte 1889. III. Abtl., S. 110.
[14]) G. Meyer: Zeitschrift für Biologie. 1871. Bd. 7.
[15]) Magnus-Levy: Pflügers Archiv. Bd. 53, S. 544.
[16]) Friedrich Müller: Zeitschrift für Biologie XX., 1884. — Berliner klinische Wochenschrift 1887, 434. — Zeitschrift für klinische Medizin. 1887. Bd. 12.
[17]) J. Munk und Uffelmann: „Die Ernährung". II. Aufl. 1891 und
J. Munk: „Einzelnahrung und Massenernährung". Handbuch der Hygiene von Th. Weyl. Bd. III. 1. Abteilung.
[18]) v. Noorden: „Pathologie des Stoffwechsels". I. Aufl. 1893.
[19]) Pannwitz in Plagge-Lebbien: „Untersuchungen über das Soldatenbrot". Berlin 1897. Hirschwald.
[20]) Pawlow: „Die Tätigkeit der Verdauungsdrüsen". (Deutsch von Walther.) Bergmann, Wiesbaden.
[21]) Pflüger: Pflügers Archiv. 1892. Bd. 52.
[22]) Prausnitz: Zeitschrift für Biologie 1889. Bd. 25. — Archiv für Hygiene 1893. Bd. 17. — Zeitschrift für Biologie 1894. Bd. 30; ebenda 1897. Bd. 35 und
Prausnitz und Menicanti: Ebenda. 1894. Bd. 30, S. 350.
[23]) J. Ranke: „Die Ernährung des Menschen". München 1876. Archiv für Anatomie und Physiologie 1862.
[23a]) K. E. Ranke: Einwirkung des Tropenklimas auf die Ernährung des Menschen. Berlin, Hirschwald, 1900.
[24]) Rieder: Zeitschrift für Biologie 1884. Bd. 20.
[25]) S. Rosenberg: Pflügers Archiv. 1892. Bd. 52.
[26]) Rubner: Zeitschrift für Biologie 1879. Bd. 15; ebenda Bd. 16; ebenda Bd. 19; ebenda Bd. 36. — Archiv für Hygiene 1891. Bd. 13.
[27]) Salvioli: Archives italiennes de Biologie 1892. Bd. 17.
[27a]) Schierbeck: Zeitschrift für Biologie 1904.
[27b]) Sommerfeld: Verhdlg. physiol. Gesellsch. Berlin 1905, Juli.
[28]) Spirig: Dissertation. Bern 1892.
[29]) Tsuboi: Zeitschrift für Biologie 1897. Bd. 35.
[30]) Umber: Berliner klinische Wochenschrift 52, S. 56.
[31]) C. v. Voit: „Stoffwechsel und Ernährung", in Hermanns Handbuch der Physiologie. Bd. VI.
[32]) N. Zuntz: Therapeutische Monatshefte 1890, Oktober.