

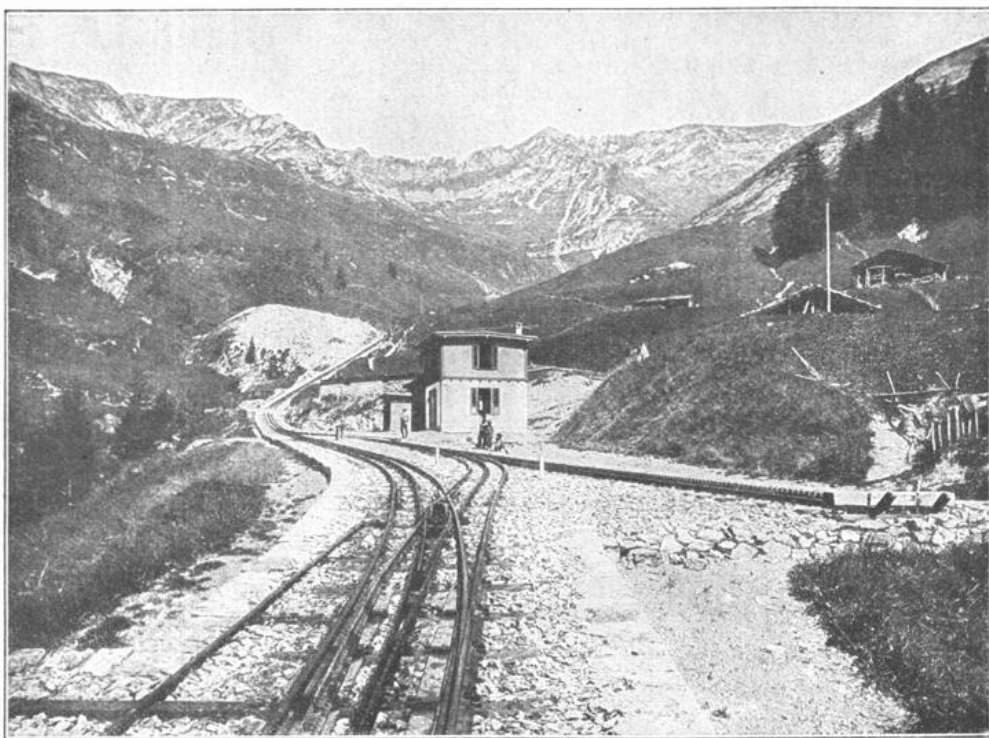
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Höhenklima und Bergwanderungen in ihrer Wirkung auf den Menschen

Zuntz, Nathan

Berlin, 1906

Kapitel XV. Die Körperwärme



Station Hausstadt der Brienzer Rothornbahn (1350 m).

Kapitel XV.

Die Körperwärme.

Die Tatsache, daß die Körperwärme des Menschen, wie die aller sog. „warmblütigen“ Tiere, unter normalen Verhältnissen in sehr geringem Maße schwankt, hat seit Jahrhunderten die Aufmerksamkeit der Biologen erregt. Durch zahlreiche Messungen wurde festgestellt, daß die äußere Temperatur nur von geringem Einfluß auf unsere Körperwärme ist, so daß diese fast gleichhoch in den Tropen und in den arktischen Regionen gefunden wird. Andererseits wurde ermittelt, daß sie geringe, aber sehr regelmäßige Schwankungen im Laufe des Tages erfährt, daß sie in der zweiten Hälfte der Nacht oder frühmorgens am niedrigsten ist, während der Tagesstunden ansteigt und den höchsten Stand zwischen 5—7 Uhr nachmittags erreicht. Bis zu einem gewissen Grade hat sich diese Tageskurve der Körperwärme von der Lebensweise abhängig erwiesen, und es haben namentlich die Untersuchungen von Johansson³⁾ dargetan, daß die Muskelbewegungen auf ihren Gang von erheblichem Einfluß sind. Die Temperatursteigerung während der Morgenstunden bleibt bei andauernder Bettruhe zwar nicht ganz aus, aber sie wird doch wesentlich eingeschränkt. Andererseits hängt das gegen 5—7 Uhr beobachtete Maximum der Temperatur außer mit der Tagesarbeit auch mit der Mittagsmahlzeit

einigermassen zusammen, indem die Verdauungsarbeit, durch welche ja der Stoffwechsel um 30% und mehr gegenüber dem nüchternen Zustand erhöht wird, an der Steigerung der Temperatur um diese Stunde beteiligt ist. Es ließ sich aber nachweisen, daß die regelmäßige Tagesschwankung, wenn auch in abgeschwächtem Maße, sich erhält, wenn die Mahlzeiten verschoben werden, und daß sie sogar noch längere Zeit fortbestehen kann, wenn eine vollkommene Umkehr der Lebensweise, Arbeit bei Nacht, Schlafen bei Tage, vorgenommen wird (Benedict und Snell)¹⁾. Diese Stabilität der Temperaturkurve scheint bei verschiedenen Personen verschieden groß zu sein. U. Mosso⁶⁾ fand in einem viertägigen Selbstversuch nach Umkehr der Lebensweise das Maximum der Temperatur auf den Morgen verschoben; zugleich aber prägte sich eine Störung der Wärmeregulation in einem Ansteigen der Durchschnittswärme um fast 1° C. aus.

Die dem Vorstehenden zugrunde liegenden Messungen der Körperwärme wurden teils in der geschlossenen Achselhöhle, teils im Munde unter der Zunge, teils im After ausgeführt. Letztere Messungsweise ist die sicherste und wurde deshalb auch von uns fast ausschließlich angewendet. Sie zeigt konstantere und meist um einige Zehntel Grade höhere Werte als die Messungen in der Achselhöhle.

Es ist überhaupt für die Beurteilung der noch zu besprechenden Tatsachen bedeutungsvoll, daß verschiedene Teile des Körpers nicht unerheblich in ihrer Temperatur voneinander abweichen. Die höchste Temperatur zeigt stets die Leber und speziell das aus ihr dem rechten Herzen zuströmende Blut. Der Darm ist regelmäßig um $\frac{1}{2}$ —1° C. kühler als die Leber. Wenn man die Temperaturen des aus dem rechten Herzen in die Lunge eintretenden und des aus ihr austretenden Blutes vergleicht, so findet man letztere regelmäßig niedriger. Abgesehen von anderen hier wirkenden Momenten erklärt sich dies aus der im vorigen Kapitel besprochenen Verdunstung in der Lunge, welche dem durchströmenden Blut erhebliche Wärmemengen entzieht und dadurch zur Abkühlung des Körpers beiträgt.

Die Temperatur der Muskelschichten des Körpers hat man auf elektrischem Wege durch eingestochene sog. „Thermonadeln“ ermittelt. Sie ist an den Extremitäten nicht unerheblich niedriger als in den inneren Organen. Das erklärt sich durch die starke Wärmeabgabe an die kühlere Haut. Dementsprechend ist auch die Temperatur der Muskeln an den Extremitäten größeren Schwankungen ausgesetzt, sie kann bei kalter Umgebungstemperatur um mehrere Grade unter der Wärme der inneren Organe liegen. Wir wissen nun, daß die Muskulatur durch die Lebhaftigkeit der in ihr ablaufenden Stoffwechselvorgänge ein Hauptherd der Wärmebildung ist, und es muß besonders betont werden, im Gegensatz zu manchen, auch jetzt noch in der Literatur sich findenden Angaben, daß hohe Temperatur eines Organs keineswegs beweist, daß der Stoffwechsel und die Wärmebildung in ihm besonders groß seien. Ein gegen Wärmeverlust geschütztes und von warmem Blute reichlich durchströmtes Organ braucht nur wenig Wärme zu bilden, um eine sehr hohe Temperatur aufzuweisen. Dies gilt z. B. für die Leber, welche durch die Pfortader ein Blut empfängt, das sich schon im Darm stark erwärmt hat, so daß gar keine besonders große Wärmebildung im Organ selbst nötig ist, um die Leber zum wärmsten Teile des Körpers zu machen (Cl. Bernard)²⁾.

Organtemperatur und Stoffumsatz. Es übt nun aber die Temperatur eines Organs auf die Intensität seines Stoffwechsels einen großen Einfluß aus. Man hat für jedes einzelne Gewebe des Körpers nachweisen können, daß die Oxydationsprozesse und die Wärmebildung in ihm mit der Temperatur wachsen. Das Gleiche läßt sich in überzeugender Weise für den ganzen tierischen Organismus dartun. Kaltblüter verbrauchen desto mehr Sauerstoff, je wärmer die Umgebung, in der sie sich befinden, und je wärmer mit dieser Umgebung auch ihr eigener Körper ist. Bei Warmblütern konnte Pflüger⁷⁾ durch sehr starke Kälte- oder Hitzeeinwirkung die Wärmeregulation überwinden. Dann zeigte sich, daß auch ihr Organismus bei wechselnder Eigentemperatur denselben Gesetzen folgt, wie der der Kaltblüter. Steigerung der Körpertemperatur um 1° C. steigerte die Verbrennungsprozesse im Tierkörper um beinahe 10%. In neueren Versuchen von Winternitz⁸⁾ und von Linser und Schmid⁴⁾ wurden beim Menschen noch viel erheblichere Wirkungen der Erwärmung gefunden. Der erhöhte Stoffwechsel im Fieber erklärt sich zum Teil aus dieser Beziehung zwischen Körpertemperatur und Größe des Stoffwechsels.

Der Abhängigkeit der Zersetzungsgröße von der Temperatur müssen wir eingedenk sein, wenn wir das Verhalten unserer Muskeln bei der Arbeit richtig würdigen wollen. Die Muskelarbeit bedingt, wie früher ausgeführt, hochgradige Steigerung des Stoffwechsels. Beim Bergaufgehen sahen wir den Sauerstoffverbrauch auf das Vierfache und mehr anwachsen. Wenn wir bedenken, daß die dabei tätigen Muskeln höchstens $\frac{1}{3}$ der Körpermaße darstellen, so muß der Stoffumsatz in ihnen selbst aufs etwa Zwölfwache gesteigert sein. Eine so enorme Steigerung des Umsatzes wird dem Gesagten zufolge bei hoher Temperatur des Muskels leichter zustande kommen. Mit dieser Erwägung stimmt auch die bekannte Beobachtung an Kaltblütern überein, daß ihre Muskeln bei höherer Temperatur schon durch geringere Reize zu kräftiger Zusammenziehung angeregt werden und bei ihrer Verkürzung größere Arbeit leisten können. Im Zusammenhang mit dem, was wir vorher über die relativ niedrige Temperatur der Muskeln unserer Extremitäten gesagt haben, erklärt sich hieraus die Tatsache, daß jede Arbeit im Beginn und namentlich bei niedriger Außentemperatur schlecht von statten geht, daß wir uns, wie man sich ausdrückt, erst „einarbeiten“ müssen. Einige Zeit nach Antritt eines Marsches fühlen wir unsere Muskeln beweglicher, dem Willen folgsamer. Der Moment, in dem das Gehen leichter wird, fällt mit dem Ausbruch des Schweißes, d. h. mit dem Augenblick zusammen, in dem die Körpertemperatur und auch die der Haut, damit natürlich auch die Temperatur der unter der Haut gelegenen Muskeln, ein gewisses Maximum erreicht hat. Ähnliches hat Kolb beim Wettrudern beobachtet. Wir werden gleich sehen, daß die im Mastdarm gemessene Körperwärme schon kurze Zeit nach Beginn des Marsches um 1° und mehr erhöht ist. Die Temperatur der Muskulatur selbst aber ist dem eben Gesagten zufolge dann bereits weit mehr gegenüber dem Ruhezustande gesteigert.

Wie schnell bei körperlicher Tätigkeit die Temperatur steigt, haben wir durch zahlreiche Messungen während der Märsche festgestellt. Das Verhalten unserer Körperwärme in der Ruhe zeigen die Kurven der nach S. 406 folgenden Tafel.

Die Tafel ist wohl ohne weiteres verständlich. Für jeden Tag sind die morgens nach dem Aufwachen und abends etwa eine Viertelstunde nach dem Niederlegen im Mastdarm gemessenen Temperaturen eines jeden von uns eingetragen. Die horizontalen Linien des Netzes entsprechen der am linken Rande angegebenen Temperatur, die senkrechten dem Datum. Auf der Datulinie liegt der die Morgentemperatur, rechts von derselben der die Abendtemperatur angegebende Punkt. Einige wichtige Phasen des Versuchs sind durch Pfeile markiert. Irrtümlich ist für Waldenburg, Caspari und Zuntz der 15. statt des 14. als Tag des ersten Marschversuchs bezeichnet.

Ein Blick auf die Tafel zeigt, daß unsere Körpertemperatur nur ausnahmsweise 37° C. überstieg. Schon nach kurzer Marschdauer aber war eine Temperatur von 38° und darüber zu konstatieren. Mit Erreichen dieser Temperatur beginnt die Schweißabsonderung, und nun bleibt die Wärme annähernd konstant. In sehr vielen Fällen war sogar die Temperatur am Schluß eines mehrstündigen Marsches niedriger als eine Stunde nach Beginn desselben. So bei der Besteigung des Rothorns am 22. August:

	bei Kolmer	Loewy	Zuntz
in 1000 m Höhe			38.3° C.
in 1345 „ „	38.1° C.	38.6° C.	38.15° „
in 2150 „ „	37.9° „	38.0° „	37.9° „

Bis zu einem gewissen Grade trägt zu diesem Verhalten sicherlich der Umstand bei, daß in den höheren Regionen die Bedingungen der Abkühlung sich günstiger gestalten infolge der kühleren und trockeneren Luft. So sehen wir denn auch in den Versuchen, in welchen der Rückweg bergab zu Fuß gemacht wurde, oft am Schlusse des Marsches in Brienz etwas höhere Temperatur als während des Aufstiegs. So bei Zuntz:

am 14. VIII.	Während des Aufstiegs	in 1345 m Höhe	38.4° C.
	Im Moment der Rückkehr in Brienz	„ 530 „ „	38.8° „
am 15. VIII.	Während des Aufstiegs	in 1000 m Höhe	37.6° C.
	„ „ „	„ 1345 „ „	38.4° „
	Nach der Rückkehr	„ 530 „ „	38.1° „

Bedeutung des Bergauf- und Bergabgehens für die Erwärmung des Körpers. Für die in einigen Fällen beobachtete höhere Körperwärme nach Beendigung des Abstiegs kommt aber die höhere Lufttemperatur in den tieferen Regionen nicht allein in Betracht, sie ist nicht einmal die wesentlichste Ursache. Vielmehr ist die im Körper entstehende Wärme größer beim Bergabgehen als beim Bergaufgehen, trotzdem das Maß der chemischen Umsetzungen, wie wir S. 263 gezeigt haben, in letzterem Falle ein größeres ist. Beim Bergaufgehen nimmt der Teil der chemischen Energie, welcher zur Hebung des Körpers dient, nicht die Form von Wärme an, während umgekehrt beim Bergabgehen die Schwere den Körper beschleunigt und diese Beschleunigung durch Muskel- und Sehnenanspannungen und Reibungen im Innern des Körpers neutralisiert wird, wobei eine entsprechende Menge Wärme frei wird. Dieses Verhalten ist bedeutungsvoll genug, um eine etwas eingehendere Erörterung zu verdienen.

Wir wollen zu diesem Behufe die mechanischen Vorgänge im Muskel und ihre Beziehungen zu den chemischen Umsetzungen und zur Wärmebildung an der

Hand des Prinzips von der Erhaltung der Kraft etwas genauer betrachten. Dies Prinzip besagt bekanntlich, daß es in der Natur nur Umwandlungen von Kräften, niemals Neuerzeugung oder Vernichtung solcher gibt. Speziell in dem Falle des Aufhörens einer Bewegung entsteht an Stelle der verschwundenen Bewegungsenergie Wärme. Aus den zahlreichen Messungen der Wärmemengen, welche bei der Hemmung von Bewegungen entstehen, geht hervor, daß eine Arbeitsmenge von

$$1 \text{ mkg} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2.353 \text{ w.e.}$$

gleichwertig ist oder mit anderen Worten: die Arbeitsmenge, welche 1 kg einen Meter hoch heben kann, ist gleichwertig der Wärmemenge, welche 1 g Wasser um 2.353° C. erwärmt.

Bei chemischen Prozessen, welche mit Wärmebildung einhergehen, kann die ganze dabei entwickelte Energie in der Art, wie wir es Seite 96 besprochen haben, als Wärme zum Vorschein kommen. Es kann aber auch ein Teil dieser chemischen Energie zu mechanischer Arbeit verwendet werden, also etwa zur Hebung eines Gewichts auf eine bestimmte Höhe. Für jedes Meterkilogramm Arbeit, das in dieser Weise durch einen chemischen Prozeß geleistet wird, wird die Wärmemenge um 2.353 w.e. geringer. Die Summe der beiden Werte, direkt entwickelte Wärme und Wärmeäquivalent der Arbeit, bleibt aber unverändert. So verhält sich auch die in unseren Muskeln umgesetzte chemische Energie. Ein Teil, und zwar etwas mehr als $\frac{1}{3}$ der ganzen Menge, dient zu mechanischer Arbeit, der Rest wird Wärme. Wenn nun aber, wie dies häufig der Fall ist, die mechanische Arbeit im Innern des Körpers selbst durch Reibungen wieder vernichtet wird, tritt die ihr gleichwertige Wärmemenge auf, und nun ist die ganze den chemischen Umsetzungen entsprechende Wärme als solche im Körper vorhanden. Ein Beispiel hierfür ist das Verhalten des Herzens. In ihm wird mechanische Arbeit erzeugt, welche zur Fortbewegung des Blutes in den Gefäßen dient. Der anfänglich hohe Druck, unter dem das Blut in den Arterien steht, nimmt aber durch Reibung in den engeren Gefäßen stetig ab, und bei der Rückkehr zum Herzen ist der Blutdruck nur noch minimal. An Stelle dieser verlorenen mechanischen Arbeitskraft ist durch die Reibung in den kleineren Gefäßen Wärme getreten. So haben wir im Herzmuskel eine Wärmebildung, die annähernd $\frac{2}{3}$ der ganzen Verbrennungswärme der in ihm verbrauchten Nährstoffe entspricht, und das letzte Drittel tritt an den verschiedensten Stellen des Körpers, infolge der Reibung des Blutes an den Gefäßwänden, auf.

Wenn ein dem eben getöteten Frosch entnommener Muskel passend aufgehängt und mit einem Gewichte belastet durch Reize zum Zucken gebracht wird, so erwärmt er sich, während er zugleich die ihm angehängte Last hebt. Wiederum haben wir hier also eine Teilung der im Muskel durch die chemischen Prozesse erzeugten Energie in zwei Komponenten: Hubarbeit und Wärme. Wenn wir, nachdem der Muskel sich verkürzt hat, die von ihm gehobene Last unterstützen, bleibt das Äquivalent der geleisteten Arbeit aufgespeichert in Form sogenannter „Energie der Lage“. Vermöge der neuen Lage, welche das gehobene Gewicht angenommen hat, stellt es eine Energiequelle dar. Lassen wir es frei fallen, so nimmt es eine Geschwindigkeit an, welche das Äquivalent der Hubarbeit des Muskels ist.

Lassen wir aber das fallende Gewicht in Verbindung mit dem Muskel, so wird dieser durch die Last gedehnt und, wie die direkte Messung ergibt, gleichzeitig erwärmt. Die bei der Dehnung im Muskel auftretende Wärme entspricht dem Anteil der Energie der umgesetzten Nährstoffe, welcher bei der Verkürzung des Muskels noch nicht die Form von Wärme angenommen hatte. Dem Gesagten zufolge wird ein Muskel, der abwechselnd eine Last hebt und dann durch eben diese Last wieder gedehnt wird, nach einer Reihe solcher Verkürzungen und Verlängerungen sich um das ganze Äquivalent der umgesetzten chemischen Energie erwärmt haben. Wird aber durch eine passende Sperrvorrichtung dafür gesorgt, daß das gehobene Gewicht den Muskel nicht wieder dehnen kann, sondern durch jeden folgenden Hub höher und höher gehoben wird, dann resultiert eine geringere Erwärmung des Muskels, und zwar ist die Wärmemenge für jedes Meterkilogramm Arbeit, d. h. für jedes ein Meter hoch gehobene Kilogramm um 2.353 w. e. geringer, als wenn der Muskel immer wieder durch das fallende Gewicht gedehnt worden wäre. Wenn wir endlich an einen ruhenden Muskel ein Gewicht hängen, so daß er durch dieses gedehnt wird, dann das Gewicht wegnehmen, so daß der Muskel sich vermöge seiner Elastizität verkürzen kann, ihm dann das Gewicht wieder anhängen und diesen Vorgang eine Reihe von Malen wiederholen, so erwärmt sich der Muskel jedesmal durch die Dehnung, ohne daß entsprechende chemische Umsetzungen in ihm stattfinden. In diesem Falle ist also mechanische Arbeit im Muskel in Wärme umgewandelt worden.

Die eben für den einzelnen Muskel betrachteten Vorgänge haben ihr Analogon in der Muskulatur des gehenden Menschen bei den drei Formen des Gehens: horizontal, bergauf und bergab. Wenn wir horizontal gehen, werden die Gliedmaßen abwechselnd gehoben und gesenkt und dabei gleichzeitig mit jedem Schritt dem Körper eine Beschleunigung nach vorwärts gegeben, eine Beschleunigung, welche aber nur so groß ist, daß die Geschwindigkeit unverändert bleibt, daß also gerade die Reibungswiderstände überwunden werden. In diesem Falle wird also die bei der Verkürzung der Muskeln geleistete Arbeit nachher bei ihrer Verlängerung wieder aufgebraucht, es wird keine Arbeit nach außen in Form von Hebung irgendwelcher Last abgegeben; die Erwärmung der Luft und des Bodens durch Reibung und Stoß ist so gering, daß sie vernachlässigt werden kann. Die ganze in den Muskeln umgesetzte chemische Energie muß daher den Körper erwärmen. Die Größe dieser Energie können wir, wie in Kapitel VIII beschrieben, bestimmen und so die gebildete Wärmemenge berechnen. — Wenn wir bergauf gehen, erheben wir uns stetig über unser Ausgangsniveau. Wir hatten gesehen, daß jedes kg Gewicht, welches um 1 m gehoben wird, eine Energiemenge entsprechend 1 mkg oder 2.353 w. e. beansprucht. Diese Energie entstammt der chemischen Umsetzung in den Muskeln, sie tritt aber in ihnen nicht als Wärme auf, weil sie als „Energie der Lage“ unseres emporgestiegenen Körpers erhalten bleibt. Für jedes um 1 m gehobene Kilogramm muß also eine Wärmemenge von 2.353 w. e. weniger entstehen, als der Verbrennungswärme der umgesetzten Substanz entspricht und als durch Umsetzung derselben Nährstoffmenge beim horizontalen Gehen entstanden wäre. Beim Bergabgehen wird die vorher durch

Hebung des Körpers aufgespeicherte Energie der Lage den Körper abwärts treiben, das Fallen muß durch Muskelspannung verlangsamt werden und genau wie bei Dehnung eines Muskels durch ein angehängtes Gewicht wird in den Muskeln ein Quantum Wärme frei werden, welche nicht chemischer Energie entstammt.

Die eben angestellten Erwägungen wollen wir nunmehr auf den speziellen Fall des Bergauf- und Bergabgehens, den wir am Brienzer Rothorn studiert haben, anwenden. Unser Weg hatte dort, wie erinnerlich, durchgehends eine Steigung von $25\% = 1:4$, d. h. der Körper wurde um einen Meter gehoben, wenn man 4 m Weges bergauf zurückgelegt hatte. Aus Tabelle 17, S. 262, entnehmen wir, daß Zuntz beim Bergaufsteigen für jedes Kilogramm Gewicht und jeden Meter Weg 2.217 w.e. umsetzte. Zur Hebung um 1 m wurde also das Vierfache dieser Menge, 8.868 w.e. verbraucht. Das Wärmeäquivalent der Hebung von 1 kg um 1 m ist aber 2.353 w.e. Zur Erwärmung des Körpers dienen also nur $8.868 - 2.353 = 6.515$ w.e. Hätte er bei horizontalem Gehen 8.868 w.e. entwickelt, so wäre diese ganze Wärmemenge im Körper zum Vorschein gekommen. So ist bei gleicher Kraftentwicklung im Körper die Erwärmung desselben beim Bergaufgehen im Verhältnis von 6.515:8.868, d. h. um 26.5 Prozente geringer.

Beim Bergabgehen war der Verbrauch für 1 kg und 1 m Weg zu 0.537 w.e. bestimmt worden. Er beträgt daher für 4 m entsprechend der Senkung von 1 kg um 1 Meter $4 \times 0.537 = 2.148$ w.e. Gleichzeitig aber ist im Körper durch Spannung der Muskeln und Sehnen eine Wärmemenge aufgetreten, welche 1 mkg gleichwertig ist, also eine Wärmemenge von 2.353 w.e. Der Körper hat sich demnach beim Zurücklegen von 4 m Weges bergab um 4.501 w.e. erwärmt, wovon nur 2.148 w.e. aus den gleichzeitigen chemischen Umsetzungen resultieren. Die faktische Erwärmung des Körpers ist also mehr als doppelt so groß, als man nach den chemischen Umsetzungen erwarten sollte.

Um zu erfahren, wieviel Wärme in einer bestimmten Zeit beim Bergauf- und Bergabgehen im Körper entsteht, müssen wir nun noch die pro Minute durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke in Betracht ziehen. Sie betrug bei Zuntz bergauf 28.82 m, bergab 76.05 m. Die zu diesen Wegen gehörigen Hebungen und Senkungen des Körpers entsprechen $\frac{1}{4}$ der Wegstrecke, also 7.2 m pro Minute bergauf, 19.0 m bergab. Die Erwärmung des Körpers pro Kilogramm beträgt:

beim Bergangehen	$7.2 \times 6.515 = 46.9$ w.e.
beim Bergabgehen	$19.0 \times 4.501 = 85.5$ „ „
bei raschem horizontalem Gehen, 100 m	
pro Minute	$100 \times 0.678 = 67.8$ „ „

Der Körper erhitzt sich also beim Bergabgehen in dem nach Behagen gewählten Tempo beinahe doppelt so stark als beim Bergaufgehen. Wir lernen so einen neuen, höchst charakteristischen Unterschied der Vorgänge im Körper bei beiden Arten des Gehens kennen. Bergab ist der Stoffumsatz erheblich geringer als bergauf, wenn beide Bewegungsarten auf gutem Wege und in einem, dem Behagen entsprechenden Tempo ausgeführt werden. Die Erhitzung des Körpers aber ist bergab bedeutend größer als bergauf. Diesen Tatsachen entspricht nun auch

durchaus unser Empfinden. Beim Bergabgehen sind Herz und Atmung niemals aufs höchste beansprucht, Lufthunger wird dabei wohl nie uns zu Verlangsamung des Schrittes zwingen. Aber starkes Hitzegefühl und reichliche Schweißbildung bleiben bei langem, schnellem Abstieg niemals aus. Es ist dies Hitzegefühl und bei manchen wohl auch das durch die Erhöhung der Körpertemperatur erzeugte Herzklopfen, was der Schnelligkeit des Abstieges Schranken auferlegt.

Die Gefahr des Hitzschlags. Bei unseren Versuchen haben wir niemals bedrohliche Erhöhungen der Körpertemperatur im Laufe des Abstiegs beobachtet. Die höchste von uns hierbei gefundene Erwärmung, 38.9°C. , hat noch keinerlei Bedenken. Wir sind aber immer nur etwa 500—600 m hintereinander abgestiegen und haben dabei ein mäßiges Tempo innegehalten. Es liegt nahe genug, daß bei sehr viel längeren Wegen bergab, besonders wenn die Lufttemperatur hoch und zugleich Grund zur Eile vorhanden ist, die Erhitzung des Körpers eine übermäßige wird und dadurch Gefahren entstehen. Jedermann kennt die nicht seltenen, traurigen Fälle von Hitzschlag, welche bei großen militärischen Märschen mit Gepäck im Sommer, bei Erntearbeiten usw. zahlreiche Menschenleben fordern. Der Hitzschlag kommt dadurch zustande, daß die Abkühlung des Körpers mit der Wärmeproduktion nicht mehr Schritt hält und infolgedessen die Temperatur bis auf Werte von 42°C. und darüber steigt. Solche Temperaturen aber sind an und für sich lebensbedrohend, sie lähmen, wenn sie auch nur kurze Zeit einwirken, die Funktionen der wichtigsten Organe, des Hirns und des Herzens. Wenn der Körper, wie in unserem Falle des mäßigschnellen Bergabgehens, in jeder Minute um 85.5 w.e. pro Kilogramm erwärmt wird, so bedeutet das, da die Körpergewebe sich bei gleicher Wärmezufuhr um $\frac{1}{5}$ stärker erhitzen als das Wasser, eine Erwärmung um über $\frac{1}{10}^{\circ}$ in der Minute. Wenn also die Wärmeabfuhr versagt, kann die gefährliche Temperatur von 41 bis 42°C. in etwa $\frac{1}{2}$ Stunde erreicht werden. Von äußeren Momenten ist hier besonders feuchte Hitze, wie sie vor Gewittern zu herrschen pflegt, zu fürchten. Wenn dieselbe mit Windstille verbunden ist, kann die Verdampfung des Wassers von der Körperoberfläche derart ungenügend werden, daß gefährliche Überhitzung zustande kommt. Die Gefahr wächst, wenn auch noch die Sonnenstrahlung, die ja im Hochgebirge größere Kraft hat, dem Körper Wärme zuführt. Glücklicherweise schließen sich die beiden hier in Betracht kommenden Gefahren gegenseitig aus. Bei sehr feuchter, gewitterschwüler Luft ist die Sonnenstrahlung gering, bei starker Sonnenstrahlung die Luft meist trocken.

Bedrohlicher noch werden die durch die äußere Temperatur bedingten Störungen der Wärmeregulation, wenn sich innere Ursachen hinzugesellen. Hier ist es namentlich der Mangel an Wasser im Körper, also heftiger Durst, welcher die Schweißsekretion beschränkt und dadurch das wichtigste Mittel zur Herabsetzung der Körpertemperatur versagen läßt. Fast immer sind die tödlichen Fälle von Hitzschlag dadurch zustande gekommen, daß die Wasseraufnahme entweder unmöglich war oder infolge der leider noch so sehr verbreiteten Vorurteile gegen das Trinken bei erhitztem Körper gescheut wurde. Sehr erhöht wird die Gefahr des Hitzschlags bei solchen Menschen, deren Herz wenig kräftig ist. In der Hinsicht

sind einerseits Fettleibige, sowie ältere Personen gefährdet, andererseits solche, deren Herz durch übergroße Anstrengungen oder, was wohl die häufigste Ursache ist, durch vorangegangenen reichlichen Alkoholgenuß geschwächt ist. Bei ungenügender Herztätigkeit läßt die Blutdurchströmung der Haut nach, und damit wird sowohl die Zufuhr von Wasser zu den Schweißdrüsen, als auch die Möglichkeit, größere Wärmemengen durch Strahlung und Leitung von der Haut abzugeben, herabgesetzt. Es kommt hinzu, daß ein schon anderweitig geschwächtes Herz gegen hohe Temperatur empfindlicher ist und daher schneller den Folgen der Überhitzung des Körpers erliegt. Um bei Bergwanderungen den Gefahren des Hitzschlags zu entgehen, denke man an entsprechende Regelung der Bekleidung, an genügende Wasseraufnahme und an Mäßigung des Schrittes beim Bergabgehen, sobald heftiges Herzklopfen oder Schwindelgefühl darauf hindeuten, daß die Körpertemperatur stark erhöht ist.

Hiller^{2a)} hat bei seinen Untersuchungen über den Hitzschlag gefunden, daß ein Organismus, der auf Ertragung starker Abkühlungen trainiert ist, der Gefahr des Hitzschlags mehr ausgesetzt ist, als jemand, der schon längere Zeit an ein Übermaß von Hitze gewöhnt war. Soldaten, welche eben einen Schwimmkursus durchgemacht und sich dabei oft sehr lange im kalten Wasser aufgehalten hatten, erkrankten bei strapaziösen Sommermärschen auffallend häufig an Hitzschlag. Das ist eine Warnung für solche Touristen, welche nach verlängertem Aufenthalt in eisigen Höhen rasch ins heiße Tal hinabsteigen. Sie müssen besonders der Gefahr des Hitzschlags eingedenk sein.

Steigerung unserer Körpertemperatur durch die Märsche. Wie in bezug auf die Wasserverdampfung, so gibt es auch in bezug auf die Erhöhung der Körperwärme bei der Arbeit individuelle Besonderheiten. Derjenige unter uns, welcher immer die stärksten Schweißabsonderungen zeigte, Müller, hatte auch fast stets am Schlusse der Märsche die höchste Temperatur (bis zu 39.1° C.). Die vermehrte Schweißabsonderung hatte also keinesfalls eine bessere Abkühlung des Körpers zur Folge gehabt. Wir haben schon erwähnt, daß namentlich bei hoher Lufttemperatur Durchnässung der Außenkleidung, wie sie nach übermäßigem Schwitzen eintritt, die Abkühlung des Körpers hintanhält. Dies erklärt einerseits die hohe Körpertemperatur, wie andererseits diese wohl Ursache der besonders reichlichen Schweißabsonderung ist. Es ist nämlich nach neueren Untersuchungen im wesentlichen die Wärme des den Hirnzentren zufließenden Blutes, welche die Schweißabsonderung anregt, in analoger Weise wie der Kohlensäuregehalt eben dieses Blutes die Atembewegungen regelt.

Als Beleg für die individuellen Schwankungen der Körperwärme bei gleichen Anstrengungen unter gleichen Bedingungen geben wir die beiden folgenden kleinen Tabellen. Aus ihnen sei zunächst hervorgehoben, daß der Besttrainierte unter uns: Kolmer, und der Jüngste: Waldenburg, der ebenfalls mit geringem Anstrengungsgefühl die Wege zurücklegte, durchgehends die geringste Temperaturerhöhung aufwiesen. Als zweite interessante Tatsache ergibt sich, daß bei den übrigen die anfangs erhebliche Steigerung durch die Märsche im Verlaufe des Trainings allmählich geringer wird.

Tabelle 1.

Körpertemperatur am Ende der kleinen Märsche.

Datum	Gruppe I			Gruppe II		
	Kolmer	Müller	Loewy	Waldenburg	Caspari	Zuntz
14. VIII. 1901	—	—	—	38.2	38.9	38.8
15. „ „	37.9	—	38.1	38.0	38.2	38.1
16. „ „	—	—	38.5	37.9	37.95	37.95
17. „ „	38.2	39.0	38.7	38.0	—	37.95

Tabelle 2.

Körpertemperatur am Ende der großen Märsche.

Datum	Kolmer	Müller	Loewy	Waldenburg	Zuntz
19. VIII. 1901	—	39.1	—	—	—
20. „ „	38.3	38.9	38.5	38.2	—
21. „ „	37.8	38.7	38.0	—	—
22. „ „	37.9	38.85	38.0	38.2	37.9

Besonders frappant ist der von Mosso mitgeteilte Fall eines Trägers, welcher im Herbst nach vielfachem Lasttragen im Gebirge beim Ersteigen einer Höhe von 400 m mit 40 kg Gepäck nur eine Erhöhung der Temperatur von 37.1° C. auf 37.5° erfuhr. Nach der Winterruhe machte derselbe einen ebenso hohen, sogar etwas bequemerem Weg mit derselben Last und dabei stieg seine Temperatur von 37.2 auf 39.0° C., ein Beweis, wie auch bei so vorzüglich geübten Personen, wie es diese Träger sind, nach $\frac{1}{2}$ jähriger Rast die Wärmeregulation leidet, um dann allerdings nach kurzer Übung wieder das frühere Verhalten zu zeigen. — Mosso schließt aus diesem Experiment, wie wir glauben zu Unrecht, daß die Wärmebildung durchaus nicht der Größe der Arbeitsleistung entspricht. Die Körpertemperatur ist aber das Resultat der gleichzeitigen Wärmezeugung und Wärmeabgabe. Je besser beide miteinander harmonisieren, desto vollkommener erhält sich die Körperwärme auf normaler Höhe. Wenn ein Mensch nach erheblicher Muskelanstrengung keine oder nur eine sehr geringe Erwärmung des Körpers zeigt, so beweist dies nicht, wie Mosso meint, „daß er die Arbeit mit sehr geringem Energieaufwande geleistet habe“. Es kann vielmehr ebensogut bedeuten, daß seine Wärme abgebenden Apparate vorzüglich funktionieren. Richtig ist, daß der geübte Mensch dieselbe Arbeit erheblich ökonomischer leistet, als der ungeübte. Wir haben in Kapitel VIII gesehen, daß bei schwierigen Schneemärschen z. B. der Geübte bis zu 50% weniger Sauerstoff verbrauchte, also weniger Energie aufwendete für dieselbe Arbeit als der Ungeübte. Insofern wird man auch annehmen können, daß die geringere Erwärmung des Körpers, welche die von Mosso untersuchten Träger und die in schnellem Tempo ansteigenden jungen Leute nach wiederholten Übungen zeigten, zum Teil darauf beruhte, daß sie wirklich weniger Wärme produzierten. Aber das Wesent-

liche ist doch, daß ihre wärmeregulatorischen Apparate, speziell die Schweißdrüsen, in prompterer und zweckmäßigerer Weise für die Wärmeabfuhr sorgten.

Sehr schnell kehrt in der Ruhe die erhöhte Körpertemperatur zur Norm zurück. Meist ist sie nach $\frac{1}{2}$ Stunde schon wieder 37.0° C. Recht instruktiv ist folgende Beobachtung, die Zuntz bei einem absichtlich möglichst beschleunigten Anstieg in der Mittagshitze machte.

Vor der Expedition von 1895 führte er einige Trainiermärsche im Harz aus und erstieg unter anderem am 10. August bei Gewitterschwüle 3 Stunden nach dem Mittagessen einen etwa 240 m hohen Hügel auf schlechtem, steilem Pfad in 26 Minuten, dann ging er noch 6 Minuten fast horizontal. Danach war die

Körpertemperatur 39.35° C., Puls 126, 15—16 Atemzüge pro Minute.

Es wurde nun $\frac{1}{2}$ Stunde auf der fast ebenen Höhe im Walde in mäßigem Tempo gegangen, dann nochmals 2 Minuten steil angestiegen. Sofort danach:

Temperatur 38.4° C., Puls 92, 10 Atemzüge pro Minute.

Abstieg in raschem Tempo, dann wenige Minuten horizontal:

Temperatur 38.75° C., Puls 104, 9 Atemzüge pro Minute.

Jetzt Ruhe; nach 50 Minuten:

Temperatur 37.85° C., Puls 78, 6 Atemzüge pro Minute.

$2\frac{1}{2}$ Stunde später abends im Bett:

Temperatur 36.85° C., Puls 75, 7 Atemzüge pro Minute.

Die in jener Zeit regelmäßig im Bette ausgeführten Messungen ergaben:

morgens 36.7 — 36.8° C., abends 36.8 — 37.1° C.,

es war also die Abendtemperatur 3 Stunden nach jener Überhitzung wieder vollkommen normal.

Wirkung der Höhe auf die Körpertemperatur. Ein Blick auf die Kurven-
tafel lehrt, daß die vier von uns, welche während des letzten Abschnitts des Stoff-
wechselversuchs Aufenthalt auf dem Monte Rosa-Gipfel nahmen, dort sämtlich
höhere Körpertemperatur zeigten, als zu irgendeiner anderen Zeit des Versuches.
Es hat also die große Höhe des Monte Rosa eine unzweifelhafte Steige-
rung der Körperwärme, die sich ebenso in den Morgen- wie in den Abend-
temperaturen zeigt, zur Folge. Die Tatsache ist interessant genug, um sie etwas
näher zu studieren. Wir nehmen zu diesem Behufe bei allen Versuchspersonen das
Mittel der durch das Verhalten während des Tages am wenigsten beeinflussten
Morgentemperaturen derjenigen Tage in Brienz, an denen keinerlei besondere Ein-
wirkung, speziell keine größere Marschleistung stattgefunden hatte und vergleichen
es mit den Morgentemperaturen auf dem Monte Rosa. — Wir finden so:

Bei Kolmer in Brienz	36.5°
An den ersten drei Tagen des Monte Rosa-Aufenthaltes .	37.2 , also $+0.7^{\circ}$
An den letzten beiden Tagen des Monte Rosa-Aufenthaltes	36.6 u. 36.7 , also $+0.15^{\circ}$
Bei Loewy in Brienz	36.3°
Auf dem Monte Rosa am ersten Tage	38.0 , also $+1.7^{\circ}$
„ „ „ „ „ zweiten „	37.5 , „ $+1.2^{\circ}$
„ „ „ „ „ dritten „	37.0 , „ $+0.7^{\circ}$
„ „ „ „ „ letzten „ immer noch . .	37.0°

Bei Caspari in Brienz	36.7°
Auf dem Monte Rosa am ersten Tage	37.2, also +0.5°
„ „ „ „ „ zweiten „	37.2, „ +0.5°
„ „ „ „ „ dritten „	37.1, „ +0.4°

Bei Zuntz in Brienz und ebenso nach der Rückkehr vom

Monte Rosa in Turin gleichmäßig 36.75°

Auf dem Monte Rosa am ersten Tage 37.7, also +1.0°

An den späteren Tagen keine merkliche Steigerung.

Bei dem späteren Aufenthalt von Zuntz im Jahre 1903 war auch die Morgentemperatur auf dem Monte Rosa etwas höher, als vorher in geringerer Höhe:

In Todtmoos 800 m (2 Tage) 36.5, 36.5°

In Col d'Olen 2900 m (4 Tage) 36.8, 36.45, 36.65, 36.5°

Margherita-Hütte 4500 m (3 Tage) 36.8, 36.95, 36.7°

In der Höhe des Col d'Olen (2900 m) zeigt sich, wie bei Zuntz so auch bei Müller, eine kleine Steigerung der Körperwärme:

In Brienz 36.3°

Auf dem Col d'Olen 36.6°

Waldenburg dagegen zeigte auch auf dem Col d'Olen noch keine Erhöhung der Körperwärme.

Eine Wirkung des Aufenthalts auf dem Rothorn läßt nur Kolmer in geringem Maße erkennen, indem dort seine Morgentemperaturen an den ersten noch nicht durch Märsche komplizierten Aufenthaltstagen um 0.2—0.3° in Brienz erhöht sind. Bemerkenswert ist, daß nach der Rückkehr vom Rothorn, die ja, wie schon erwähnt, in vieler Beziehung die Energie des Stoffumsatzes und der Körperleistung herabdrückte, bei Müller und Kolmer auch die Temperatur deutlich niedriger liegt als vor dem Aufstieg zum Rothorn.

Wir können also auch in bezug auf die Körpertemperatur einen deutlichen Höheneffekt nachweisen, der nur bei verschiedenen Personen in verschiedener Höhe beginnt. Es läßt sich von vornherein nicht entscheiden, in welchem ursächlichen Zusammenhang die Erhöhung der Körpertemperatur und das früher nachgewiesene Anwachsen der Verbrennungsprozesse stehen. Letzteres kann die Körperwärme erhöhen, braucht dies aber nicht zu tun und ganz besonders nicht unter solchen Umständen, wie sie auf dem Monte Rosa-Gipfel herrschten, wo man sich dauernd in sehr kalter Luft aufhielt. Andererseits haben wir gesehen, daß jede Erhöhung der Körpertemperatur an sich die Oxydationsprozesse steigert, und so könnten die an uns allen beobachteten Steigerungen der Verbrennungsprozesse, zum Teil wenigstens, durch die erhöhte Temperatur des Körpers bedingt sein. Mit letzterer Auffassung wäre es zwar vereinbar, daß Zuntz bei seinem zweiten Aufenthalt auf dem Monte Rosa im Jahre 1903 nur sehr geringe Steigerung der Körpertemperatur und eine erheblich geringere Steigerung der Oxydationsprozesse als im Jahre 1901 aufwies. Aber die Zunahme der Verbrennungsprozesse dauerte an, nachdem die Temperatur wieder vollkommen normal geworden war. Daher erscheint es ausgeschlossen, sie allein aus der erhöhten Körpertemperatur zu erklären.

Nachwirkungen der Märsche auf die Körpertemperatur. Wir hatten gesehen, daß die beim Marsch einsetzende Temperatursteigerung sehr rasch in der Ruhe wieder rückgängig wird. Ein anstrengender Marsch ist aber doch nicht ganz ohne Einfluß auf die Körperwärme in späteren Stunden der Ruhe. Ein Blick auf die Kurventafel lehrt, daß bei der Mehrzahl von uns an den ersten Marschtagen die Unterschiede zwischen Morgen- und Abendtemperatur größer werden. Zum Teil gilt dies auch für die Tage der kleinen, behufs Messung der Atmung ausgeführten Marschübungen am 8. und 9. August. Sehr eigentümlich ist die Wirkung der Märsche auf Waldenburg, bei dem die Abendtemperatur an den Marschtagen nicht unerheblich höher liegt als vorher, dafür aber die Temperatur des folgenden Morgens beinahe $\frac{1}{2}^{\circ}$ niedriger als sonst. Dies spricht sich in den starken Zacken der Kurve an den Marschtagen aus. Am 15. August, dem zweiten Marschtag, ist die Morgentemperatur 36.0° , die Abendtemperatur 37.8° C. Bei Müller zeigte sich nach den ersten, mit Respirationsversuchen kombinierten Marschübungen am 10. und 11. August eine Abnahme der Morgentemperaturen; nach dem ersten größeren Marsch hat er wie Waldenburg erhöhte Abendtemperatur, nach späteren Märschen nicht mehr. Ähnliches findet sich bei Kolmer. Bei Caspari ändert sich nach den ersten Marschübungen der Typus der Temperaturkurve, indem die Abendtemperaturen tiefer werden als die Morgentemperaturen.

Die hohen Temperaturen, welche wir in Ruhe auf dem Monte Rosa-Gipfel beobachteten, scheinen durch die Anstrengung des Aufstiegs nicht bedingt zu sein, da schon $\frac{3}{4}$ Stunden nach der Ankunft auf der Hütte die Nachwirkung der Marschanstrengung so gut wie vollständig verschwunden war. Es betrug nämlich in diesem Momente die Temperatur bei Loewy 38.0° , d. h. ebensoviel wie am folgenden Morgen, bei Zuntz 37.65° gegen 37.7° C. am anderen Morgen.

Abgesehen von dem lehrreichen Einblick, den uns die Messungen der Körpertemperatur in einen der feinsten Regulationsmechanismen des Körpers gewährt haben, erweiterten sie auch unsere Kenntnis der Einwirkung des Hochgebirges, indem sie zeigten, daß die sonst so konstante Körperwärme durch die Reize des Hochgebirges in individuell verschiedenem Grade bis zu fieberhafter Höhe gesteigert wird. Diese Steigerung geht keineswegs mit der Intensität der Bergkrankheit parallel, da die Krankheitserscheinungen bei Caspari, die Temperatursteigerungen bei Loewy am ausgesprochensten waren.

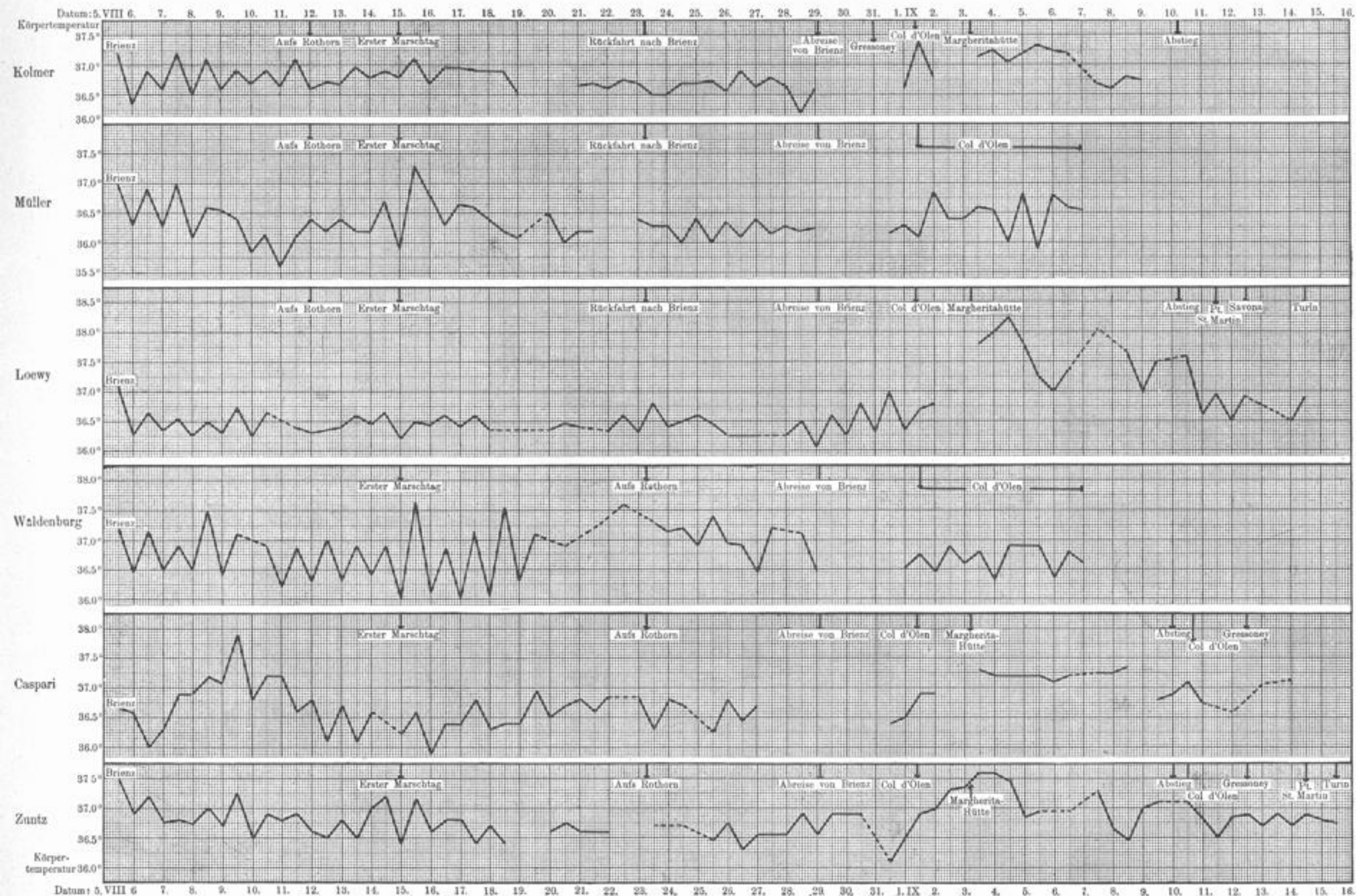
Die Temperatursteigerung auf den Märschen gab uns Gelegenheit, zu erörtern, daß die im Körper beim Bergauf- und Bergabgehen erzeugten Wärmemengen nicht nach der Größe des Stoffumsatzes zu beurteilen sind.

Literatur.

¹⁾ Benedict u. Snell: „Körpertemperaturschwankungen usw.“ Pflügers Arch. 90, S. 33.

²⁾ Bernard Cl.: „Leçons de physiologie opératoire“. Paris 1879, p. 460ff.

^{2a)} Hiller: „Der Hitzschlag auf Märschen“. Berlin, Hirschwald. 1902.



Körpertemperaturen, Morgens und Abends in Bettruhe gemessen.

- ³⁾ Johansson: „Tagesschwankungen des Stoffwechsels und der Körpertemperatur“. Skandinav. Archiv f. Physiol. VIII, 1898, S. 85.
- ⁴⁾ Linser und Schmid: „Stoffwechsel bei Hyperthermie“. Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 79, S. 514. 1904.
- ⁵⁾ Mosso Angelo: „Der Mensch in den Hochalpen“. Kap. IX.
- ⁶⁾ Mosso Ugolino: Arch. ital. de Biologie VIII, S. 177, 1887.
- ⁷⁾ Pflüger: „Wärme und Oxydation der lebendigen Materie“, sein Archiv 18, S. 247.
- ⁸⁾ Rosenthal: „Physiologie der tierischen Wärme“. Hermanns Handbuch d. Physiologie Bd. IV, Teil 2.
- ⁹⁾ Winternitz: „Einfluß heißer Bäder“. Klinisches Jahrbuch VII, 1900.

