Die Beziehung zwischen Nahrungsaufwand und körperlichen Leistungen des Menschen[1]).

Von MAX RUBNER, Berlin.

I. Ziele und Aufgaben.

Vor einigen Jahren habe ich über den Nahrungsverbrauch einiger Nationen als Ganzes genommen berichtet und auf die weitgehende Übereinstimmung des Nahrungsverbrauchs im allgemeinen und des Eiweißverbrauchs im besonderen hingewiesen, der trotz der Verschiedenheit der Nahrungsmittel einzelner Völker und dem wechselnden Anteil animalischer und vegetabilischer Nahrungsquellen besteht. Völker als Ganzes beherrscht die Einheitlichkeit des Nahrungsbedarfes; in schroffem Gegensatz dazu steht die Ernährung der einzelnen Menschen. Die Nahrung ist ein Widerspiel der wechselnden Lebensbedingungen. Ohne Nahrung kein normaler Verlauf der Funktionen. Und da, wo die Nahrung nicht reicht, schießt vorübergehend unser eigener Körper zu, wie er andererseits beim Überschuß dem Körper dienende Stoffe zurückhält und aufspeichert. So laufen Leistungen des Organismus und ihre Befriedigung nebeneinander her, ohne sich in jeder kurzen Spanne Zeit zu decken.

Bei der Fülle der wechselnden Bedürfnisse des Lebens scheint es unfaßlich, dauernde Richtlinien zu finden. Die Leistungen der Organe jedes einzelnen sind teils selbstgewollte, willkürliche oder von der Umwelt erzwungene oder aus dem Wechsel der Körpereigenschaften heraus sich entwickelnde. Unser Wille zu Leistungen erscheint keineswegs frei, sondern abhängig von psychischen Einflüssen. Seelenzustände und Nahrungslust stehen in engster Beziehung zueinander; depressorische Zustände und Zustände freudiger Erregung wechseln miteinander ab; die Konstitution selbst wird zu einem Faktor verschiedener Leistungslust und Leistungsfähigkeit. Irgendein Alter umfassen Triebe von verschiedenster Kraft; klimatische Einflüsse, zum Teil noch unerforscht, greifen in das Tätigkeitsfeld des Normalen in mächtiger Weise ein; der Beruf ist ein Zwang der Betätigung, den uns das Leben auferlegt. Trotz dieser unendlichen Schwankungsbreite individueller Verhältnisse tritt uns, rein praktisch betrachtet, doch die Möglichkeit entgegen, wenigstens berufsmäßig geordnete Leistungen in Gruppen zusammenzufassen. Geleitet von hygienischen und sozialen Erwägungen, hat man schon vor Jahrzehnten Erhebungen über den Nahrungsbedarf aus dem rein quantitativen Bedürfnis der öffentlichen Nahrungsversorgung heraus gemacht und damit wichtige praktische Dienste geleistet. Die Säuglingsernährung, Soldatenernährung, Krankenernährung, Ernährung einiger Berufsklassen sind so festgestellt worden. Aber wenn man die verschiedenen Möglichkeiten des praktischen Lebens bedenkt, so sind dies sozusagen erst Stichproben, und es wird Aufgabe späterer Forschung sein, die bestehenden Lücken auszufüllen.

Die Art der Untersuchung verfolgt im allgemeinen den Weg, durch länger fortgesetzte Erhebung der verzehrten Nahrungsmittel, bei gleichbleibendem Gewicht der Personen, den wirklichen Bedarf festzustellen.

Für die Physiologie liegt die Aufgabe nicht nur in einer lückenlosen Kenntnis der Varianten des Alltagslebens. Die Befriedigung dieser Bedürfnisse durch das Studium der Individualernährung kann aber vom rein wissenschaftlichen Standpunkt aus gewertet werden und zu einer Reihe wichtiger Ergebnisse führen.

Doch ist auch die soziale Seite des Problems beachtenswert und einiges Wichtige soll in dem folgenden mit einbegriffen werden, um so lieber, als ja in diesem Jahrzehnt Fragen mit sozialem Inhalt mehr in dem öffentlichen Gedankengang Platz gegriffen haben, was bei dem Zusammenhang zwischen Ernährung und Volkskrankheiten durch die Wirkungen der Blockade noch in lebhafter Erinnerung sein dürfte.

Den Verlauf des Ernährungsprozesses sieht man gemeinhin als einen Akt der Zufuhr von Energie und von Stoffen, die zum Leben unentbehrlich sind, an. Man begnügt sich mit der Feststellung einer geordneten Bilanz, d. i. dem Gleichgewicht zwischen Ein- und Ausfuhr, als Voraussetzung eines normalen Ernährungszustandes, wenigstens bei den Erwachsenen. Das Zustandekommen der Bilanz beruht, wie man annimmt, auf der Befriedigung der Bedürfnisse der Gesamtmasse der Zellen. Eine nähere Überlegung gibt uns aber das Mittel an die Hand, ohne Vernachlässigung des quantitativen Elementes den inneren Vorgängen der Ernährung näherzukommen. Dieser Versuch ist von großer Bedeutung für theoretische Fragen wie auch für praktische Betrachtungen. Wenn wir den Ernährungsprozeß als etwas Einheitliches, d. h. die Summe der Zellarbeit, auffassen, gehen wir an wichtigen Tatsachen vorbei. Der Ernährungsprozeß läßt sich in einzelne Faktoren zerlegen. Darunter meine ich aber nicht generell eine Analyse der Vorgänge, die sich auf die einzelnen Organe und ihre Mitwirkung erstreckt, als vielmehr koordinierte Vorgänge und die Arbeit von Gruppierungen von Organen. Man kennt sie schon lange, ohne daß man entweder daran gedacht hat, sie in ihrer Bedeutung zu verfolgen und auszunutzen oder sich bemüht hat, die Gruppen von Leistungen in ihren gegenseitigen Beziehungen erst einmal festzulegen.

Vielleicht spricht man am besten von Teilfaktoren des Stoffwechsels. Wir haben sie zunächst abzugrenzen und sie auf Selbständigkeit und Bedeutung zu untersuchen.

[1]) Die ausführliche Mitteilung findet sich in den Sitzungsberichten der phys.-mathem. Klasse der preuß. Akad. d. Wissenschaft 1926, S. 384.

II. Der Stoffwechsel und seine Teilfaktoren.

Man kann diese Teilprozesse ohne weiteres in zwei Unterabteilungen zerlegen:

a) in Prozesse, bei denen ein Gleichgewicht der Aufnahmen und Ausgaben besteht;

b) in Prozesse, bei denen entweder eine Mehrung oder Minderung der Körpermasse gegeben ist.

Von den Prozessen unter b hat das Wachstum die größte Bedeutung; es hängt namentlich in seinem Organaufbau und dem Verbrauch N-haltigen Materials von bestimmten angeborenen Eigenschaften ab, die mit der Zunahme der Körpermasse sich im Verlauf der Entwicklung eines Individuums von selbst ändern. Bei dem Wiederaufbau der Organe nach einem vorhergegangenen Verfall (Hunger) wird Größe des Bedarfs und Nutzeffekt des Aufbaues auch durch besondere Eigenschaften der Gewebe bedingt. Jede Zelle hat ein Optimum ihres Materialbestandes; je weiter sie von diesem entfernt ist, um so lebhafter strebt sie der Regeneration und dem Wiederaufbau zu, und mit um so größerem Nutzeffekt wertet sie die Nahrung (N-haltige Stoffe) aus.

Über Wachstum und Wiederersatz habe ich zahlreiche Mitteilungen an anderer Stelle gemacht, es erübrigt sich, hier weiter darauf einzugehen. Von dem Verlust an Körperstoffen (Hunger) ist auch bekannt, daß Nahrungsmangel die Vorratsstoffe (Glykogen, Fett) und die bestehende Masse der echten Zellteile (Eiweißstoffe) angreift.

Als einen dritten Vorgang haben wir das dauernde Zugrundegehen eines Teiles der Zellmasse zu betrachten und deren Wiederersetzung (Abnutzungsquote), ein Prozeß, der quantitativ nicht sehr in die Wagschale fällt, aber von höchster physiologischer Bedeutung ist.

Wachstum, Regeneration, Wiederersatz der Abnutzungsquote sind alles Prozesse, welche auf Zelleigenschaften beruhen; sie verlaufen auch nebeneinander unabhängig und die Nahrung kann sie wohl befriedigen, nicht aber die optimale Größe verändern. Das Hauptinteresse nehmen aber jene Prozesse in Anspruch, die im Gleichgewichtszustand ablaufen (oder unter Umständen durch Abgabe von Stoffen vom Körper unterhalten werden), also der sog. Betriebsstoffwechsel.

Der Stoffverbrauch unter diesen Umständen kann bedingt sein:

a) durch die chemische Wärmeregulation. Sie kann ein gewaltig wirkender Faktor des Stoffwechsels sein, der letzteren nicht minder erhöht wie körperliche Arbeit. Auch der Mensch verfügt über diese Regulationsform, wenn auch dieselbe durch reiches Fettpolster und auskömmliche Bekleidung zumeist sehr eingeschränkt wird.

b) Ein zweiter Stoffwechselfaktor ist die spezifisch dynamische Wirkung der Nährstoffe, die ich zuerst nachgewiesen und in ihrem vollen Umfang festgestellt habe[1]).

[1]) Sitzungsber. d. Bayer. Akad. d. Wiss. 1885, S. 453 und RUBNERS Gesetze des Energieverbrauchs 1902, S. 70.

Sie besteht darin, daß die Hauptnährstoffe eine Steigerung der Wärmebildung hervorrufen können, die bei Eiweißstoffen (auch bei Leim) außerordentlich groß ist. Neben ihr verschwinden die ähnlichen Wirkungen von Fetten oder Kohlenhydraten fast ganz. Ich habe das angesehen als einen Vorgang der Umwandlung der Nährstoffe und ihren Übergang in geeignete Zellnahrung. Wärme hat keinen Wert zur Erhaltung des Lebensprozesses der Zelle. Es muß die Nahrung erst eine Umformung erreichen, ehe sie die Zelle verwerten kann, wobei Umlagerungen mit Energieverlust eintreten müssen; dieser Energieanteil geht verloren. In Vorgängen dieser Art habe ich hauptsächlich den Grund der spezifisch dynamischen Wirkung vermutet[1]).

Auch bei Fetten und Kohlenhydraten mögen Verluste eintreten, bis das Material der Zelle als Nahrung dienen kann. Man hat außerordentlich viele Versuche angestellt, die eine andere Erklärung der spezifischen dynamischen Wirkung zu ermöglichen schienen, ist aber in neuerer Zeit meiner ersten Anschauung offenbar nähergekommen.

c) Am bekanntesten ist als besonderer Stoffwechselfaktor die Leistung der willkürlichen Muskeln, worüber wohl nichts weiter anzufügen ist.

d) Der Zustand, in dem keinerlei willkürliche Bewegungen gemacht werden, praktisch die Nachtruhe, zeigt den letzten Faktor, der den Umsatz irgendeines Ernährungsvorganges ergänzt. Den Zustand absoluter Ruhe, den ich bei Tierversuchen durch Dressur erreichen konnte, habe ich seinerzeit Energieminimum genannt, falls auch jede chemische Wärmeregulation ausgeschlossen war. Beim Menschen geht man nicht von längeren Ruheversuchen oder vom Schlaf aus, sondern bestimmt den Energieverbrauch bei kurzdauernder möglichster Ruhe, und dafür hat man einen neuen Namen, Basalstoffwechsel, gewählt.

Die in dem letzten Jahrzehnt fast allgemeine Annahme eines schwankungslosen Basalstoffwechsels beruht übrigens auf einer Verkennung wichtiger Tatsachen, worauf einzugehen hier verzichtet sein mag.

Die Beteiligung von Organen ist bei den einzelnen Teilfaktoren sicher eine verschiedene, und außerdem bedingen diese verschiedenen Tätigkeiten Änderungen in dem Blutkreislauf und der Blutversorgung, weshalb man durchaus berechtigt ist, die Frage aufzuwerfen, ob und inwieweit die gleichzeitige Wirkung mehrerer Teilfaktoren nicht eine gegenseitige Beeinflussung zur Folge hat. Über diese Verhältnisse habe ich eingehende experimentelle Untersuchungen schon vor vielen Jahren angestellt[2]), noch ehe die Verwertung dieser Ergebnisse für allgemeine Stoffwechselfragen in Betracht kam.

Am eingehendsten ist von mir seinerzeit die chemische Wärmeregulation untersucht worden. Sie zeigt eine ausgesprochene Kompensierbarkeit

[1]) Gesetze des Energieverbrauchs S. 395 und 377.

[2]) Sitzungsber. d. phys.-mathem. Klasse 1910, S. 316.

mit allen Prozessen, welche die Wärmeerzeugung eines Organismus ändern. So schaltet z. B. die spezifische dynamische Wirkung die Tätigkeit der Wärmeregulation genau in wärmeäquivalenten Größen aus.

Für die bei Arbeitsleistung erzeugte Wärme liegt nur ein Versuch vor, der die Ausschaltung eines entsprechenden Anteiles der wärmeregulatorischen Tätigkeit experimentell nachweist. Ich glaube aber, es kann wohl die tägliche Erfahrung keinen Zweifel zulassen, daß wir hier kompensierende Wirkungen anzunehmen haben.

Die Einsparung regulatorischer Wärmeproduktion ist für die Tiere im Kampf mit der Kälte von enormer Bedeutung, da sie jede Vergeudung an Energie[1]) auszuschließen in der Lage ist.

Der Arbeitsstoffwechsel, d. h. die Wärmebildung bei der Muskeltätigkeit scheint den Basalstoffwechsel oder Ruhestoffwechsel selbst unberührt zu lassen. Dies ist eine höchst merkwürdige Tatsache, denn auch im Basalstoffwechsel rührt ein großer Teil der Wärmeerzeugung aus den Muskeln her. Also haben wir in demselben Organ und in den nämlichen Zellen zwei Lebensprozesse nebeneinander: einen Ruhestoffwechsel, auch wenn andere Teile der Zelle, auf das Zehnfache des Ruhestoffwechsels sich steigernd, Arbeit leisten. Den Beweis für das Gleichbleiben des Basalstoffwechsels neben dem Arbeitsstoffwechsel glaubt man damit zu erbringen, daß bei einer Variation der Arbeitsleistung der auf letztere treffende Stoffumsatz der Arbeit proportional sich zeigt, wenn man eine gleichbleibende Größe des Basalstoffwechsels in allen Versuchen zum Abzug bringt. Der Ruhestoffwechsel hat andere Eigenschaften als der Arbeitsstoffwechsel. Ich habe schon an anderer Stelle einmal darauf aufmerksam gemacht, daß der gesamte Eiweißstoffwechsel im Gebiet des Basalstoffwechsels verläuft[2]) und da in manchen Fällen bis 80% und mehr des Basalstoffwechsels vom Eiweiß gedeckt werden, die Muskeln aber bis 50% der Körpermasse ausmachen, muß doch sicher im Ruhestoffwechsel der Muskeln auch Eiweiß verbraucht werden, während dies bei der Arbeit nur ausnahmsweise geschieht. Die spezifische dynamische Wirkung ist ein Vorgang, der nur mit Veränderungen der Nahrungsstoffe, nach meinen Untersuchungen, zusammenhängt. Es ändern sich wohl bei Nahrungsaufnahme die Gesamtsummen der verausgabten Calorien, nicht aber die Prozesse, die während des Energieminimums (Basalstoffwechsel) im Körper ablaufen. Eingehende Versuche habe ich auch hinsichtlich der Beziehungen zwischen den Stoffwechselvorgängen bei Arbeit unter gleichzeitiger Änderung der Nährstoffe ausgeführt und vor Jahren mitgeteilt[3]). Sie sind in der Literatur wenig bekannt geworden, obschon sie zur Beurteilung vieler Fragen von Wichtigkeit sind. Es hat sich gezeigt, daß spezifische dynamische Wirkung und Chemismus bei Arbeitsleistung zwei von einander völlig unabhängige Prozesse sind. Weiter habe ich nachgewiesen, daß in Mischungen von Eiweiß und Fett oder Kohlenhydraten die einzelnen spezifischen dynamischen Wirkungen sich nicht gegenseitig beeinflussen[1]).

Nehmen wir an, daß in einem gegebenen Fall ein Individuum im Gebiet der physikalischen Wärmeregulation sich befinde, was bei praktischer Beobachtung in unseren klimatischen Verhältnissen zumeist der Fall sein wird, so ist die Summe der entwickelten Gesamtcalorien abhängig:

a) vom Energieminimum,

b) von der spezifischen dynamischen Wirkung der zugeführten Nahrung,

c) von der willkürlichen Muskeltätigkeit.

Allerdings muß man, wie es nach neueren Untersuchungen erscheint, damit rechnen, daß der Basalstoffwechsel in der Sommerperiode etwas niedriger ist als im Winter. Bei allen bisherigen Erhebungen über den Nahrungsverbrauch bei verschiedenen Berufen haben wir es aber mit Fällen zu tun, in denen auf die klimatischen Verhältnisse keinerlei Rücksicht genommen worden war, so daß ein großer Teil aller solcher Beobachtungen mangelhaft und einer nachträglichen Korrektur aber nicht zugängig ist.

Die vorstehenden Betrachtungen über die Teilfaktoren des Stoffwechsels erlauben eine Zergliederung des praktischen Befundes des menschlichen Nahrungsverbrauches. Von den drei wichtigsten Teilfaktoren sind zwei uns bekannt, zunächst der Basalstoffwechsel vom Gesunden. Die zahlreichen Beobachtungen verschiedener Autoren wie auch die umfangreichen meines Laboratoriums stimmen darin überein, daß man unter den üblichen Vorraussetzungen und Lebensbedingungen pro 70 kg und Stunde 68—70 Calorien als Standardzahl annehmen darf (= 1650 Calorien pro 24 Stunden).

Weiteres kann man dem Einfluß der spezifischen dynamischen Wirkung aus den Nahrungsweisen ableiten, da diese aber gerade hinsichtlich des Eiweißgehaltes in mäßigen Grenzen schwanken, so genügt auch hier, wie bei dem Basalstoffwechsel, die Anwendung eines mittleren Wertes. Zieht man von dem Gesamtstoffwechsel die auf Basalstoffwechsel und spezifische dynamische Wirkung treffenden Calorien ab, so bleibt der durch alle willkürlichen Bewegungen bedingte Umsatz. Ich nenne das im folgenden kurzweg „motorische Calorien".

Eine solche analytische Zergliederung des Stoffwechsels hat nach verschiedenen Richtungen hin einen Wert. Zunächst für die Kenntnisse der Größe des Eiweißstoffwechsels, der ganz in den Basalstoffwechsel hineinfällt und dessen Bedeutung bei der üblichen Berechnung auf die Gsamtcalorien häufig verschleiert wird. Die motorischen Calorien, die wir aus dem Verband des Gesamtstoffwechsels auslösen, geben uns ein Gesamtbild aller

[1]) Gesetze des Energieverbrauches S. 152ff.

[2]) Sitzungsber. d. Preuß. Akad. d. Wiss. d. phys.-mathem. Klasse 1920, S. 341.

[3]) Ebenda 1910, S. 316.

[1]) RUBNER, Gesetze des Energieverbrauches S. 416.

willkürlichen Muskeltätigkeit, also nicht allein der berufsmäßigen Arbeit. Aber gerade diese Trennung der vollen Muskeltätigkeit wird uns zu einem wichtigen Kriterium des sanitären Zustandes eines Individuums. Die „motorischen Calorien" bieten ein Mittel zur Klassifikation der Gesamtarbeit eines Menschen und auch eine kritisch verwendbare Methode zur Aufklärung mancher fehlerhaften Angaben in der Literatur über Arbeitsleistungen, die bei ausnehmend geringer Nahrung geleistet worden sein sollen. Es erlaubt aber ein einfaches Verfahren, den wirklichen Arbeitsaufwand zu finden, wenn dies notwendig sein sollte; das Nötige läßt sich erst aus folgenden Darlegungen entnehmen.

Die eben entwickelten Grundsätze analytischer Auflösung eines gegebenen Gesamtstoffwechsels lassen sich andererseits und das ist bedeutungsvoll, zu einer Synthese des Gesamtstoffwechsels aus anderen gegebenen Elementen verwenden. Ich bin vorhin darauf ausgegangen, die motorischen Calorien festzustellen. Man kann umgekehrt da, wo die Arbeitsleistung als solche genau bekannt ist, die anderen wichtigen Elemente zufügen, um zum motorischen Stoffwechsel und dann unter Berücksichtigung der spezifischen dynamischen Wirkung und des Basalstoffwechsels zum Gesamtstoffwechsel zu kommen.

Bestimmungen über den Stoffumsatz und Energieverbrauch bei der Arbeit sind für gewerbliche Leistungen in der Literatur auch einige Jahrzehnte zurück schon gemacht worden, in den letzten Jahren haben sich kurzdauernde Experimente unter einfacher Prüfung des Gasaustausches bei beruflicher Tätigkeit und Sportleistungen gemehrt, deren Verwertung für die vorliegende Aufgabe des Vergleichs der Arbeitsleistung mit dem Nahrungsaufwand wegen der allzu kurzen Beobachtungsperioden nur bedingt zulässig ist und die Nachwirkungsperiode der Arbeit außer Betracht läßt.

Es ist aber nicht zulässig, wie von den einzelnen Autoren versucht worden ist, einfach den Arbeitsstoffwechsel dem Basalstoffwechsel zuzuzählen. Bei keinem Menschen füllt die Berufsarbeit den ganzen Tag abzüglich der Schlafzeit aus, vielmehr kommt je nach den Umständen an motorischen Leistungen ein Teil auf die berufsfreie Zeit, auf die sog. Ruhezeit, die man in der Wohnung zubringt oder mit kleinen Besorgungen und ähnlichen Dingen im praktischen Leben auszufüllen hat. Kennt man die Zeiten, welche für die verschiedenen Leistungen am Tage aufgewendet werden, also Schlafzeit, Arbeitszeit, arbeitsfreie Zeit und die Art der Benutzung dieser freien Zeit, so läßt sich eine Synthese des Nahrungsverbrauches befriedigend vornehmen. Nach einigen längeren Beobachtungen nehme ich als Verbrauch an Calorien pro Stunde für den Basalstoffwechsel (s. o.) 68 Cal., bei Zimmerruhe (einschl. Basalstoffwechsel) 98 Cal., bei freier Bewegung ohne spezielle Arbeit und häuslichen Besorgungen 114 Cal. an.

Es stehen uns also zwei Methoden zur Verfügung, welche den Nahrungsverbrauch des Menschen festzustellen erlauben. Die zuerst angewandte statistische Methode prüft in längeren Perioden bei bestimmter Arbeit den Nahrungskonsum. Sie wurde leider sehr häufig dadurch etwas unsicher, daß die Nebenbedingungen des Berufs kaum berücksichtigt wurden und dann nicht immer die Erhebungen so lange gedauert haben, um sicher zu entscheiden, ob die beobachtete Ernährung weder zu reichlich noch auch ungenügend war. Ein guter Teil aller solcher Beobachtungen scheidet von der weiteren Verwertung dadurch aus, daß man weder Alter noch Gewicht der Versuchspersonen festgestellt hatte.

Geht man synthetisch zu Werke, so ist kaum eine Gefahr vorhanden, daß der Nahrungsbedarf zu hoch oder zu niedrig genommen wird, aber eine gewisse Unsicherheit bleibt nur hinsichtlich der Berechnung der Leistungen in der sog. freien Zeit. Doch bedingen diese Einwände nicht einen erheblichen Fehler.

Von den Arbeitsversuchen sind jene die besten, bei denen Leute bestimmten Berufs in einer dem letzteren angepaßten Weise und in längeren Zeiten Verwendung gefunden haben. Für manche Versuche könnte man Bedenken erheben, daß berufsfremde Persönlichkeiten gewählt worden sind, weil hier die persönliche Berufswahl wegfällt, im übrigen kann genügendes Training das Bedenken beseitigen.

Im folgenden werde ich einzelne wichtige Ergebnisse der statistischen Erhebung und synthetisch errechneten Werte zu einem Gesamtüberblick über die Arbeitsbreite der Menschen zusammenfassen. Eine bestimmte beschränkte Auswahl der Zahlenwerte scheint mir dabei wichtiger als ein Zusammentragen aller möglichen Angaben.

III. Motorische Gesamtleistungen des Menschen nach analytischer und synthetischer Betrachtung.

Aus der Literatur und eigenen Beobachtungen gebe ich nun Beispiele der Stoffwechselverhältnisse und motorischen Calorien nach sorgfältiger Auslese in der Anordnung, daß die Grenzwerte für Dauerleistungen verschiedener Berufsarten erkennbar sind. Der Energieverbrauch ist aber stets für den Mann auf einheitliches Gewicht von 70 kg berechnet und für den Tag. Zunächst folgen Berechnungen statistischer Erhebungen, d. h. auf Grund der Feststellung des Nahrungsverbrauchs über viele Wochen und meist nach Gruppenbeobachtungen vieler Personen, also keine Einzelversuche.

Als kleinsten Berufsverbrauch eines Gesunden können wir den bei sitzender Lebensweise, wie dies im Bureaudienst erfolgt, ansehen. Es gibt aber auch im Handwerk und in der Fabrik und bei der Heimarbeit Berufe, die sich von dem Bureauleben kaum oder auch gar nicht unterscheiden, wie die Tabelle 1 zeigt.

Als höchstes Extrem einer beruflichen Dauerarbeit habe ich den Umsatz der Holzfäller im Gebirge aufgeführt, als Grenzwert ist dies berechtigt, da die gewaltigen Nahrungsmengen für den Darmkanal solcher Leute, d. h. für die Verdauungs-

Tabelle 1.

Beruf	Gesamtcal.	Motor. Cal.	Die motor. Cal. machen in % der Gesamtcal.
Bureauarbeiter .	2594	602	23,8
Schneider . . .	2719	839	30,8
Hauswart . . .	2895	973	33,6
Schreiner	3257	1274	38,5
Schwere Arbeit .	3776	1724	45,6
Erntearbeit . . .	4338	2279	52,6
Holzfäller . . .	5600	3360	60,0

möglichkeit, bereits nahezu schon eine Überlastung darstellen.

Was uns auffällt, ist die geringe Breite des Nahrungsverbrauchs zwischen der niedersten Grenze der beruflichen Leistung und der höchsten; sie beträgt etwas mehr als eine Verdoppelung.

Im täglichen Leben erscheinen uns die Unterschiede viel größer, weil der Schneider klein oder schmächtig ist und wegen der geringen Körpermasse weniger ißt als kräftige Personen, welche die schwersten Arbeiten leisten.

Die Leistungsgrenze ergibt sich als abhängig von der Ernährungsfähigkeit der Körper.

Deutlicher prägen sich die Unterschiede in der Arbeitsmöglichkeit aus, wenn man nur die „motorischen Calorien" vergleicht. Hier weicht Minimum und Maximum menschlicher Leistung schon um das Fünffache ab, eine für biologische Funktionen sehr große Schwankungsbreite. Noch augenfälliger wird die Leistung der menschlichen Muskelmaschine, wenn man es wägt, daß bei der Bureauarbeit und ähnlichem die motorische Tätigkeit sich auf die gesamte „schlaffreie" Zeit verteilt, also einen niedrigen Stundenwert zeigt, während sie bei anstrengender Arbeit auf den Zeitraum von 8 Stunden, manchmal auf eine noch kürzere Periode, sich zusammendrängt.

Auch bei der motorisch geringsten Leistung der Bureauarbeit und dgl. entfallen doch schon 24 bis 30% aller Calorien auf die motorische Quote, bei den extremsten beruflichen Leistungen aber 60%. In der eigentlichen Arbeitsperiode selbst tritt der übrige Stoffwechsel dem Muskel gegenüber noch weiter zurück, am höchsten, wenn auch noch nach Nahrungsaufnahme die spezifisch dynamische Wirkung schon abgelaufen war.

Es ist wohl anzunehmen, daß bei den Personen mit geringer mechanischer Arbeitsleistung die Temperamente manche Unterschiede ergeben wersen; leider hat man auf Einflüsse dieser Art noch nicht geachtet. Bei den Leuten mit schwerer Arbeit verwischen sich natürlich solche Einflüsse der Affekte.

Zur Ergänzung der Zahlen für Berufe mit geringer Leistung gebe ich noch folgende synthetisch errechneten Werte.

Die Zahlen, aus längeren eigenen Versuchen an berufsmäßig ausgebildeten Personen abgeleitet, entsprechen den kleineren Werten der Tabelle 1; als Zeitraum wird für die Arbeit 8 Stunden an-

Tabelle 2.

Beruf	Mann pro 70 kg, 8 Stunden Arbeitszeit pro Tag		
	Gesamtcal.	Motor. Cal.	Die motor. Cal. machen in % der Gesamtcal.
Schreiber	2519	642	25,5
Schneider	2644	754	28,4
Lithograph	2662	771	28,9
Zeichner	2836	928	32,7
Damenschuster . .	2881	966	33,5
Mechaniker	3189	1247	39,3
Herrenschuhmacher	3427	1461	42,6

genommen. Schreiber oder Zeichner geben keinen Unterschied. Der Schneider der Tabelle 2 stimmt mit den Werten in Tabelle 1 fast ganz überein. Der Mechaniker arbeitet hauptsächlich an der Drehbank. Das zu bearbeitende Material macht, wie man sieht, für den Schuster einigen Unterschied in dem Energieverbrauch. Bei allen Berufen der aufgeführten Art handelt es sich um Arbeiten, die im Sitzen ausgeführt werden, den Mechaniker ausgenommen, der im Stehen zu arbeiten pflegt.

Im Gegensatz zu den „sitzenden" Berufen bringen alle Berufe, die mit einer Fortbewegung des Körpers verbunden sind, größeren Nahrungsverbrauch. Dies ergibt sich schon aus der großen Muskelmasse, die dabei in Tätigkeit gesetzt wird.

Insoweit das Gehen als Arbeitsleistung in Betracht kommt, kann man sagen, daß es die bestgekannte Leistung ist, wenn auch noch manche wichtige Aufklärung fehlt, wie z. B. die genauen Kenntnisse der Leistung bei verschiedenen Formen unebenen Terrains. Die praktische Beobachtung im täglichen Leben lehrt uns, daß im Gang sehr ausgeprägte individuelle Eigentümlichkeiten gegeben sind. Wir erkennen einen Bekannten von weitem schon an seinen Besonderheiten des Gehens. Der Bauer geht anders als der Städter, der Gebirgsbewohner anders als der Bewohner der Ebene, die Frau anders als der Mann, der Ermüdete anders als ein Mann mit frischen Kräften. Der mechanische Nutzeffekt für das Gehen läßt sich trotz aller bisherigen Versuche noch nicht ganz exakt angeben; immerhin steht so viel sicher, daß das Gehen, d. h. die Fortbewegung der eigenen Last eine Arbeitsform von großem Nutzeffekt ist.

Die Leistung, d. h. der Energieaufwand beim Gehen, wird gewöhnlich auf den horizontalen Kilogrammeter als Einheit berechnet. Wenn man alle bisherigen Versuche von ZUNTZ, DURIG u. a. kritisch betrachtet, so erhält man: 0,535 g/cal. für einen horinzontalen Kilogrammeter, oder für ein Kilogramm Körpergewicht bei der Bewegung über die Strecke von einem Kilometer 0,535 kg/cal. Dieser Wert ist gültig etwa für eine Geschwindigkeit von 100 m pro Minute, wobei in der Stunde 6 km zurückgelegt werden, ein gutes Marschtempo kräftiger jüngerer Personen. Wird diese Grenze überschritten, so werden für den horizontalen Kilogrammeter mehr als 0,535 g/cal. gefordert. Die

Gehart ist das Charakteristische; es ergibt sich aus dem Umstand, daß die bloße Steigerung der Arbeitsgröße, z. B. durch Belastung außerhalb weiterer Grenzen keine Änderung des Wertes des horizontalen Kilogrammeters ergibt. Die Angaben in der Literatur sind etwas unvollkommen, außer einer Angabe von ZUNTZ bei schwacher Belastung hat LÖWY-SCHRÖTTER vor kurzem eine Angabe bei starker Belastung eines Mannes gemacht[1]. In der französischen Literatur findet sich eine Mitteilung vor, die, wie sie vorliegt, unverwertbar ist[2]. Ich habe aber, von den Grundzahlen ausgehend, durch Umrechnung doch Ergebnisse gefunden, die benutzbar scheinen.

Pro 1 horizontalen Kilogrammeter werden verbraucht:

Unbelastet	0,535 g/cal.
mit Last 25 kg	0,535 ,,
,, ,, 45 ,, ...	0,573 ,,
,, ,, 60 ,, ...	0,538 ,,
,, ,, 65 ,, ...	1,010 ,,

Die Versuche mit 45 und 60 kg waren langdauernde Versuche. Bei 45 kg Last wurden von Trainierten 5 Stunden Weg geleistet, bei 60 kg 4,2 Stunden. Das vorliegende Material gibt zunächst nur eine Orientierung in dieser Frage. Das Ergebnis würde sein, daß eine Belastung bis 86% des eigenen Gewichtes innerhalb der Grenzen rationeller Leistung liegt. Die praktische Erfahrung lehrt, daß berufliche Leistungen von Lastträgern innerhalb der gegebenen günstigen Grenzen sich halten. Die Beziehung zwischen Last und Körpergewicht gilt nur für magere muskulöse Personen und günstige klimatische Verhältnisse. Leider werden Angaben über die näheren Versuchsbedingungen bei Arbeits- und Sportleistungen meist ganz vernachlässigt; so daß manches auf diesem Gebiet korrekturbedürftig ist[3].

Für die Beschäftigungen im praktischen Leben kommt das Steigen, Auf- und Abwärtsgehen täglich zur Anwendung, für die meisten Städte zum mindesten das Treppensteigen, in hügeligen Lagen mehr oder minder Terrainunterschiede oder auch das berufsmäßige Steigen. Über die drei möglichen Varianten: a) Geschwindigkeit des Auf- und Abstieges, b) Belastung, c) Neigung des Weges sind hauptsächlich von DURIG vorläufige Ergebnisse erzielt.

Der Energieaufwand nimmt für die gleiche Wegstrecke gegenüber dem horizontalen Weg rasch zu. Die Geschwindigkeit aber nimmt mit der Steilheit des Weges ab. Bei starker Belastung, etwa dem Grenzwert (s. oben), braucht man für den Kilometerweg beim Steigen an 70 Minuten. Die im praktischen Leben gegebenen Möglichkeiten der Größe des Energieaufwandes sind wegen der wechselnden Bedingungen der Gehweise und Steigerungen außerordentlich verschieden. Sie lassen sich für verschiedene Berufe besser als durch Beobachtungen der wechselnden Einzelergebnisse und Synthese aus dem Gesamtergebnis des Stoffverbrauches an Tagesleistungen beurteilen. Nur dort, wo ein und dieselbe Arbeit den Tag über gleichmäßig geleistet wird, kann man die synthetische Methode der Berechnung des Stoffverbrauches, ausgehend von der Arbeitsaufwendung bzw. dem respiratorischen Stoffwechsel, berechnen.

Die Steigarbeit gilt als eine Arbeit mit hohem Nutzeffekt. Gemeinhin wird dieselbe heute aus der Wegstrecke, nach Maßgabe der für das horizontale Gehen berechneten Werte und der Hubleistung abgeleitet. Aber die Einzelangaben differieren recht erheblich. DURIG nimmt als Wert der Hubleistung pro Kilogrammeter 7,8 g/cal. an. Aus den Versuchen von LÖWY-SCHRÖTTER ergeben sich knapp 6 g/cal., nach anderen Experimenten noch weniger, so daß Nutzeffekte von 31—39% sich berechnen.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über das Gehen, Steigen, Lasttragen ist es uns verständlich, daß alle Berufe, welche teilweise oder ganz auf diese Bewegungsformen angewiesen sind, recht erhebliche Umsätze der Nahrung repräsentieren können. Ich gebe zur Ergänzung der Tabelle 1 noch einige synthetisch berechnete Arbeitsgrößen, die auch zur Erläuterung landwirtschaftlicher Arbeit dienen können.

Tabelle 3.

Beruf	Gesamtcal.	Motor. Cal.	Motor. Cal. in % der Gesamtcal.
Lastträger (45 kg Last) . .	3370	1409	44,7
Lastträger (65 kg Last) . .	3492	1509	43,5
Heutragen (8 Stunden) . .	3910	1898	48,2
Soldat im Manöver (25 kg Last, 5 Stunden Marsch).	3960	2018	50,9
Erntearbeiter Durchschnitt .	4388	2279	52,6
Mähen (8 Stunden)	4836	2846	58,9
Lasttragen (65 kg Last, 5 Stunden bergauf)	5012	2120	42,4
Holzfäller (Winterarbeit) . .	5600	3360	60,0

Unter die Gruppe der hier aufgeführten Personen gehören also Berufe wie Postboten, Briefträger, Lastträger, Transportarbeiter und Dockarbeiter; weiter die landwirtschaftlichen Betriebe auch bei der Gebirgsbevölkerung, wo die Hubleistung eine so große Rolle spielt. Ich habe einige Zahlen nach synthetischer Berechnung in die Tabelle aufgenommen, welche wichtige Ergänzungen zu den anderen Beobachtungen liefern. Dabei ist aber folgendes zu bemerken: Der Transportarbeiter und Docker trägt die Last nicht während der ganzen Arbeitszeit; er kehrt nach Ablieferung der Last unbelastet zurück; genau so ist es in der Landwirtschaft beim Heuaufladen usw; der Träger in den Bergen kehrt von der Arbeit meist unbelastet zurück. Dies habe ich bei der Synthese des Stoffverbrauchs berücksichtigt. Angenommen wurde

[1]) Wien. med. Wochenschr. 1925, Nr. 27.

[2]) I. AMAR, Le Rendement de la machine humaine 1520.

[3]) RUBNER, Festschrift der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft 1921.

weiter, daß keine besonderen Terrainschwierigkeiten vorhanden sind.

Eine Dauerbelastung haben wir nur beim Militär. Schon ein Gepäckmarsch von 5 Stunden ist eine gute Leistung. Wird der Marsch auf 8 Stunden ausgedehnt, so steigt der Calorienbedarf auf 4750 kg/cal pro Tag mit 2675 motor. Calorien = 56.32 aller Calorien.

Die Tabelle zeigt, daß keine der neuaufgeführten Berufskategorien über die schon in Tabelle 1 gegebene Endgrenze hinausgeht. Die Variationen der „Gehberufe" sind zu mannigfaltig, um sie hier auch nur annähernd zu treffen. Auch aus dem Fabrikbetrieb wäre die eine oder andere Arbeit als große Leistung zu erwähnen, doch liegen hier geeignete Unterlagen nicht vor. Im übrigen ist die „Fabrik" eben differenziertes Handwerk mit reichlicher maschineller Beihilfe.

Wo nichts anderes bemerkt ist, habe ich bei der Synthese den Achtstundenarbeitstag angenommen. Was den 8stündigen Arbeitstag anlangt, so hat man vielfach behauptet, die Kürzung der Arbeitszeit verringere die Produktion deshalb nicht, weil der Arbeiter energischer schaffe, wenn er nicht mehr so ermüdet würde wie bei der 10stündigen Zeit.

Derartiges hat sich nur in Ausnahmefällen bewahrheitet, im übrigen ist überall eine Kürzung der Produktion mit Verringerung der Arbeitsleistung also auch des Energieverbrauchs eingetreten.

Verlängerung der Arbeitszeit wirkt ganz ungleich; bei den sitzenden Berufen nimmt der Energieverbrauch mit Verlängerung der Arbeitszeit ab, während die Ermüdung, die hier gar keine muskulöse ist, fortschreitet.

Große Nahrungsumsätze und motorische Leistungen wurden früher, als die Arbeitszeit noch frei war, in der Hausindustrie, z. B. bei den sächsischen Hauswebern, erreicht. Die Stundenleistung war keine allzugroße, aber die lange Dauer der Arbeit steigerte den täglichen Nahrungsumsatz sehr erheblich. Zur Vervollständigung des Überblicks, der bisher nur den Männern gegolten hat, mag noch eine Übersicht über den Arbeitsaufwand im häuslichen Beruf der Frau gegeben sein.

Tabelle 4.

Beruf	Frauenarbeit im Hause (pro 70 kg und 8 Stunden Arbeit)		
	Gesamtcal.	Motor. Cal.	Die motor. Cal. machen in % der Gesamtcal.
Handnähen, Maschinennähen mit Motor	2348	506	21,5
Geschirrwaschen, Maschinennähen ohne Motor, Bügeln	2471	592	23,9
Berufsnäherin	2508	632	25,2
Bodenschrubben	2650	760	28,6
Berufsmäßiges Maschinennähen	2685	792	29,5
Waschen der Wäsche	2721	824	30,2

Tabelle 5. *Vergleich.*

Beruf	Gesamtcal.	Motor. Cal.
Ein Schneider	2644	754
Berufsschneiderin	2508	632

Die Arbeitsfähigkeit der Frau wurde im Laufe der Zeit sehr verschieden beurteilt. Physiologisch ist uns selbstverständlich, daß man die Frauen, ohne auf ihr geringes Durchschnittsgewicht Rücksicht zu nehmen, nicht mit den Männern gleichen Alters vergleichen darf. Hinsichtlich des Basalstoffwechsels darf man nach neuen Untersuchungen wohl sagen, daß Mann und Frau gleichen Gewichts keine Unterschiede zeigen. Nur hinsichtlich maximalster Leistungen steht die Natur der Frau hinter dem Manne zurück, ihre absolute Muskelkraft beträgt etwa die Hälfte jener des Mannes.

Die vorstehende Tabelle umfaßt die häuslichen Berufe der Frau; die gleiche Arbeitsfähigkeit von Mann und Frau, die in dem gleichen Berufe stehen, ergibt sich aus dem der Tabelle angegliederten Vergleich.

Die häusliche Tätigkeit ist, wie man sieht, nur mit mäßigem Kraftaufwand verbunden. Doch ändern sich die Verhältnisse dort, wo die Notwendigkeit besteht, öfter Treppen zu steigen, bisweilen mit Lasten, wie das in den hohen Mietshäusern der Großstädte der Fall ist; das ermüdende Moment der häuslichen Arbeit liegt bei den Hausfrauen in der lang dauernden Tätigkeit, das ja mit einer 8stündigen Anspannung nicht zu Ende ist.

Die Frauen werden aber häufig doch auch zu recht schweren Arbeiten verwendet. In manchen Ländern als Postboten oder im allgemeinen zur Feldarbeit, die zu den anstrengendsten Leistungen führen kann. Die Gesetzgebung bietet bei uns für Frauen einen Schutz gegen Anforderungen, die gesundheitlich nicht zulässig sind. Dabei sei auch auf die Schutzgesetzgebung für jugendliche Arbeiter hingewiesen, während bei den Erwachsenen sich ein solcher Schutz nicht auf die Verhütung übermäßiger Anstrengung hinsichtlich Einzelleistung selbst bezieht, sondern auf die Dauer der Arbeit und vor allem auf die Arbeitsbedingungen.

Nach der Betrachtung einzelner Arbeitsgruppen gebe ich an folgenden eine Gesamtzusammenstellung, wobei einige früher gegebene Werte durch Zusammenlegen vereinfacht worden sind.

Die Gruppierung ist nach der Höhe der motorischen Calorien vorgenommen. Gruppe I Berufe unter 1000 motor. Cal., Gruppe II 1000—2000, Gruppe III 2000—3000, Gruppe IV über 3000. In den einzelnen Gruppen, besonders denen mit hohem motorischen Verbrauch ist die Anzahl der Beispiele eine relativ geringe. Von größeren Arbeitsgruppen fehlt der Bergbau, den man im allgemeinen auf die Höhe der landwirtschaftlichen Erntearbeiten stellen kann. Bei letzteren darf man den Umstand nicht vergessen, daß es sich dabei um Saisonarbeit handelt, die hauptsächlich bei der Ackerbestellung und der Ernte geleistet wird.

Eine weitgehende Einzelbehandlung des Gegen-

Tabelle 6.

Beruf	Gesamtcal.	Motor. Cal.	Die motor. Cal. machen in % der Gesamtcal.
Bureauarbeiter . . .	2556	622	24,6
Lithograph	2662	771	28,9
Schneider	2681	796	29,6
Zeichner	2836	928	32,7
Damenschneider . .	2881	966	33,5
Hauswart	2895	973	33,6
Mechaniker	3199	1247	39,3
Schreiner	3257	1274	38,5
Lasttragen (45 kg) .	3370	1409	44,7
Herrenschuster . . .	3437	1461	42,6
Lasttragen (65 kg) .	3492	1519	43,5
Sog. schwere Arbeit	3776	1724	45,6
Heutragen	3910	1898	48,2
Soldat, Manöver . .	3960	2018	50,9
Last 65 kg bergauf .	5012	2120	42,4
Erntearbeit	4388	2279	52,6
Mähen	4836	2846	58,9
Holzfäller	5600	3360	60,0

standes liegt hier fern. Nur einige Fragen von sozialer Bedeutung mögen noch gestreift sein. Der Fabrikarbeiter macht in Deutschland einen nicht unerheblichen Teil der Handarbeiter aus. Das Wort „Arbeiter" hat eine Verallgemeinerung und Auswertung gerade auch in Ernährungsfragen gefunden, die sich gar nicht rechtfertigen läßt, indem man allgemein eine Größe der Nahrungsversorgung als erforderlich betrachtete, die dem einen zu wenig, dem andern viel zu viel bot. Die Gesundheit fordert eine Deckung des Nahrungsbedarfs, aber auf die Dauer kein Zuviel und kein Zuwenig. Von einem Schema ausgehend, verlangte man ein „Minimum", das erheblich über dem Bedarf großer Gruppen lag, und sprach, wenn dieses nicht erreicht war, von einer weitgehenden Unterernährung. Gerade bei der Fabrikarbeit haben wir zahllose Fälle, bei denen wie beim Bureauarbeiter, mechanische Kräfte des Körpers kaum nennenswert beansprucht werden. Die Scheidung von Hand- und Kopfarbeiter im Hinblick auf Körperleistung und Bedarf hat keinen allgemeinen Sinn. Sie ist nur eine allerdings weit verbreitete, aber ebenso irrtümliche Auslegung. Beide Gruppen mischen sich und haben keine scharfe Begrenzung. Die Ermüdungserscheinungen sind bei dem Bureauarbeiter und ihren äquivalenten Handarbeitern keine muskulär bedingten, sondern evtl. geistige oder Sinnes-Ermüdungen, d. h. solche allgemeiner Natur, die zum Ausgleich nur die Nachtruhe benötigen. Zahlreiche Berufe mit geistiger Arbeit bieten in ihrer charakteristischen Tätigkeit nebenbei einen erheblichen Aufwand motorischer Leistungen (Beruf im Handel, Ingenieure, Verwaltungsbeamte, Architekten, Ärzte usw.), die weit über den Bedarf von Millionen Handarbeitern hinausgehen.

Von diesen abgesehen, darf man die höhere geistige Arbeit nicht mit der Bureauarbeit und einfacheren Dienstbetrieben auf eine Stufe stellen. Bei ernster geistiger Arbeit liegen Einflüsse vor, die durch andere, als motorische Triebe sowohl auf eine Steigerung des Nahrungsumsatzes als auch auf die Qualität der Ernährung Einfluß haben.

Die vorliegenden Tatsachen umfassen in den Extremen das ganze Gebiet menschlicher Tätigkeit, bleiben aber trotz der Mannigfaltigkeit der Tätigkeit im Nahrungsverbrauch in engen Grenzen. Diese immerhin auffallende Erscheinung erklärt sich aus der Gewohnheit der Menschen, die Leistungen weniger nach Tagesergebnissen als nach der Stundenarbeit oder nach den einzelnen, wenn auch vorübergehenden maximalen Kraftäußerungen einzuschätzen. Alles, was die Tabelle bringt, bezieht sich auf die Beobachtungen an kräftigen, gesunden Personen, insoweit es sich um erheblichere motorische Leistungen handelt. Für schwerere Arbeitsformen findet man auch beim Mann die besten Leistungen nur in einem engen Bezirk des Lebens zwischen dem 17. bis 35. Jahr, bei Frauen zwischen dem 20. bis 35. Jahr. Doch reichen in einzelnen Fällen gute Leistungen auch weiter als die Grenze der maximalen Befähigung für die Arbeit. Das Alter setzt den schweren Arbeitsformen von selbst eine Grenze; auf zahlenmäßige Angabe sei verzichzichtet. Mit zunehmendem Alter wählt der Mensch von selbst die leichteren Arbeitsformen; die Abnahme der Leistungsfähigkeit liegt vielleicht weniger in einer Änderung der Muskeln als vielmehr in einer Veränderung der Gefäßwände, des Herzens, der Lunge. Beim Alternden scheint mir auch die Störung der physikalischen Wärmeregulation insofern gegeben, als die Schweißbildung leichter eintritt als bei Jugendlichen, deren frische Gefäßwände nach maximaler Erweiterung eine starke Hautdurchblutung und trockene Wärmeabgabe erlauben.

IV. Durchschnittliche Arbeitsgröße.

In der Literatur über das Nahrungsbedürfnis bei mechanischer Arbeit haben die von C. VOIT anfangs der 70er Jahre des vorigen Jahrhunderts aufgestellten Begriffe der „mittleren" Arbeit eine große Rolle gespielt und kehren ab und zu noch heute nach über einem halben Jahrhundert wieder. Der von VOIT notierte Kostsatz ist von einer großen Zahl der Autoren mißverständlich kurzweg auf den „Arbeiter" in sozialem Sinne angewandt worden und die tatsächliche Ernährung gemäß dieser Forderung VOITS gefordert worden. Die älteren Physiologen haben schon vor VOIT einzelne ihnen typisch erscheinende „Arbeiter" auf ihren Nahrungsverbrauch untersucht, um damit zunächst eine quantitative Vorstellung zu gewinnen. Der Soldat, der Handwerker sind damals, als die Industrie noch kaum eine Rolle spielte, als Typen der Mannesernährung angesehen worden. Daraus hat sich dann etwas später der Ausdruck „mittlerer Arbeiter" geformt. Eine solche Generalisierung des Bedarfes gibt es nicht.

Wenn man die verschiedenen Arbeitsformen und ihren Stoffwechselbedarf vergleicht (s. Tabelle 6),

so wird man in Verlegenheit kommen, was dann von allem die mittlere Arbeit sei.

Ein schlimmer Mißbrauch ist in der Zeit der Zwangswirtschaft mit den Ausdrücken „Schwerarbeiter" und „Schwerstarbeiter" getrieben worden, weil man ganz willkürliche Grenzen gezogen hat, nur um so die amtliche Nahrungsversorgung stärker in Anspruch nehmen zu können, als berechtigt war.

Wenn man eine Umschau nach Personen hält, zu deren Beruf eine besondere Selektion kräftiger Statur gerade nicht notwendig, ein frühzeitiges Versagen der Körperkraft nicht zu befürchten ist, so liegt uns das Handwerk im allgemeinen doch am nächsten, also die Gruppe der Schreiner, Schuster, Mechaniker, Schlosser, Installateure, Klempner, Heizer usw. Einige von diesen Handwerkern finden sich in den Tabellen aufgeführt.

Bei Leuten dieses Arbeitstyps wird man annehmen dürfen, daß ein motorischer Bedarf von 1300 kg/cal. täglich ihre Leistung vorstellt. Wenn man diese Annahme macht, so kommt auf die eigentliche berufliche Arbeitszeit rund 200 kg/cal. Energieverbrauch im ganzen.

Das ist etwa eine Gesamtleistung, die dem Energieaufwand beim Gehen des Menschen in üblicher Geschwindigkeit entspricht. Daher wird man in diese Gruppe auch die Postboten, Ausgeher u. dgl. mit hinzunehmen können. Vergleichen wir den Wert 200 kg/cal. mit der hochwertigen beruflichen Leistung, so wird man leicht erkennen, daß im Rahmen der aufgezählten Handwerker von einer starken Inanspruchnahme der Leistungsfähigkeit nicht die Rede sein kann.

Wieviel der einzelne dabei von seiner maximalen Arbeitsfähigkeit beansprucht, läßt sich ohne weiteres nicht sagen, da man ja geneigt sein wird, die individuelle Leistungsfähigkeit ganz verschieden groß anzunehmen. Das ist insofern sicher richtig, als die maximalen Leistungen im weitgehendsten Maße von der Willenskraft, der Stimmung usw. von physiologischen Eigentümlichkeiten des Körpers, vor allem auch von dem Alter abzuhängen pflegen.

Inwieweit solche Einflüsse maßgebend sind, kann man doch annähernd begrenzen, wenn man untersucht, wie sich denn bei Berufen mit sehr großen Leistungen der stündliche Verbrauch während der Arbeit verhält. Aus dem vorliegenden Material läßt sich für drei Fälle ein Mittelwert für schwerste Arbeit ableiten, der vorläufig ja als erste Annäherung zur Klärung der gestellten Fragen dienen kann. Die drei gefundenen hohen Werte betragen pro Stunde für den Gesamtstoffwechsel 487, 488, 451 kg/cal. Statt großer individueller Schwankungen findet man also Zahlen, deren Übereinstimmung wohl nicht auf einem Zufall beruht; da die drei Arbeitsformen dabei keineswegs dieselben waren, so gewinnt es den Anschein, daß die maximale Dauerleistung im Beruf nicht muskulär begrenzt ist, vielmehr auf andere physiologische Faktoren zurückgeführt werden muß. Als solche kommen Herztätigkeit und Atemtätigkeit in Betracht. Ich betone für diese Begrenzung, es sind Dauerleistungen, bei denen sie zutage tritt; in kurzen Zeiträumen vermag der Organismus weit größere Leistungen zu erzielen, was sich aus sportlichen Erfahrungen des Schnellaufs auf kurze Strecken usw. ergibt, oder wie sie bei einer Rettung aus Lebensgefahr in die Erscheinung treten.

Ich kehre nun zu der vorgelegten Frage zurück, wie sich das Verhältnis des Handwerkers zu den maximalen beruflichen Dauerleistungen stellt. Nach den obigen Angaben würde die im Bereich des Handwerkes geleistete Arbeit etwas über $^4/_{10}$ der größten Dauerleistungen stellen. Die volle Ausbeutung der menschlichen Arbeitsfähigkeit beschränkt sich nur auf einzelne Berufe und offenbar auf eine relativ enge Zahl von Personen.

Wenn man den Begriff Schwerarbeiter beibehalten will, so würde er am ehesten noch berechtigt sein für das große Gebiet landwirtschaftlicher Tätigkeit (und wahrscheinlich für den Bergbau), wobei 2000—2800 motorische Calorien in Frage kommen, aber die volle Ausnutzung der Arbeitsfähigkeit noch nicht eintritt. Die Grenze der Schwerarbeit würde also höher zu legen sein, als man früher angenommen hat.

Ich habe schon früher einmal beim Vergleich der Ernährung verschiedener Nationen mich dahin ausgesprochen, daß wir eigentlich größeren Unterschieden im gesamten Nahrungsbedarf, der ja großenteils durch Muskeltätigkeit bedingt ist, nicht begegnen. Von dieser Tatsache ausgehend, ergeben sich ganz interessante Schlußfolgerungen.

Wie groß ist die durchschnittliche Leistung einer Bevölkerung, d. h. inwieweit vollzieht die Gesamtheit motorische Leistungen? Es hat sich der Nahrungsverbrauch von 400—500 Millionen Menschen so weit feststellen lassen, daß die Ergebnisse ernährungsphysiologisch zu verwerten waren mit dem Resultat einer weitgehenden Übereinstimmung ganzer Völker. Aus dem Mittel verschiedener Nationen, also einem Weltwert sozusagen, läßt sich auch der mittlere motorische Verbrauch pro Kopf eines Menschen ableiten = 890 kg/cal.

Dieses gilt für alle Menschen zusammengenommen, Kinder und Erwachsene, Alte, Frauen und Männer. Man kann etwa in runder Zahl annehmen, daß die Hälfte aller Menschen aus Jugendlichen sich zusammensetzt. Die Rechnung „pro Kopf" bedeutet außerdem keine Erwachsenen, sondern das Durchschnittsgewicht einer Nation, d. h. nur 43—45 kg.

Von dem Wert pro Kopf kann man die Umrechnung auf eine Person von 70 kg machen, indem man mit 1.28 multipliziert. Der nationale Durchschnittswert für motorischen Aufwand wird dadurch von 890 auf 1120 motorische Calorien erhöht. In diesem sind aber Männer und Frauen zusammengerechnet, somit muß für den männlichen Teil der Bevölkerung die Zahl höher sein als 1120 motorische Calorien. Das ist ein Ausdruck für die allgemeine Betätigung

der Muskulatur. Natürlich erfolgt eine solche Betätigung nicht als geschäftlich verwertete Arbeitskraft. Ich habe schon vor Jahrzehnten darauf hingewiesen, daß bei Jugendlichen und Kindern durch ihr lebhaftes Wesen, Spiele und Bewegungslust der Nahrungsbedarf nicht kleiner ist als bei vielen Handwerkern.

Die Arbeitsteilung hat den Mißstand hervorgerufen, daß ein ziemlicher Teil namentlich der städtischen Bevölkerung im Muskelgebrauch unterwertig ist, d. h. in Berufen bei sitzender Lebensweise und in geschlossenen Räumen lebt. Was die große Masse der Menschheit an physiologischen Funktionen der Muskeltätigkeit leistet, muß auch das Normale und Zweckmäßige und Bekömmliche sein. Diese Grenze suchen wir, und finden wir sie wie gesagt für den Mann etwas höher liegend als 1120 motorische Calorien. Das muß die Grenze des „Gesunden" sein, etwa also 1200—1300 kg/cal. Sehen wir uns die Tabelle 6 an, so sind viele Berufe unter dieser Zahl, fast alle solche Berufe, die wesentlich im geschlossenen Raum und ohne besondere Muskeltätigkeit ausgeführt werden. Der Begriff einer gesunden durchschnittlichen Leistung fällt zum Teil zusammen mit Gewerben, die nicht eine besondere Körperqualität zur Voraussetzung haben.

V. Ergänzung unterwertiger motorischer Leistungen durch Muskeltätigkeit.

Die Muskeltätigkeit steht in engem Zusammenhang mit der Gesundheit; ist erstere zu gering, so bedarf sie weiterer Ergänzung durch irgendwelche Betätigung der Muskulatur. Eine durchschnittliche Betätigung bis etwa zur Höhe von 3200 Gesamtcalorien kann als angemessen betrachtet werden. Diese entsprechen etwa 1200—1300 motorischen Calorien. Das einfachste Mittel, für eine schwache Betätigung der Muskeln einen Ausgleich zu verschaffen, ist das Gehen, das sich für alle Altersstufen eignet. Ein rein schematischer täglicher Ausgleich ist dabei keineswegs notwendig, an Ruhetage mögen sich zeitweilige stärkere Anstrengungen als Ausgleich anschließen, was den Vorteil hat, den Körper auch für stärkere Leistungen zu üben.

Eine besondere Verstärkung der muskulösen Leistungen bringt dem Menschen das unebene Terrain vor allem im Gebirge. Hier können alle möglichen Formen des Gehens und Steigens und Kletterns und die Schwierigkeit des Terrains zu erschöpfender Arbeitsleistung führen. Eine stärkere Anstrengung trägt zweifellos durch das dadurch zu erreichende Training besonders zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit bei. SZIGMONDI hat einmal die Leistungsfähigkeit eines kräftigen, und man darf hinzufügen, jugendlichen Alpinisten so definiert, daß ein solcher täglich 20 km horizontalen Wegs und 1700 m vertikaler Hebung in 8—10 Stunden Wanderschaft erreicht. Aus den Proviantangaben für solche Märsche rechne ich einen Aufwand von 3800 bis 3900 kg/cal. mit einer Stundenleistung während des Wanderns auf 370 kg/cal. Die Anforderungen dieser Art erreichen noch nicht die Größe, die ich oben als maximal Zahlen gesunder gewerbsmäßiger Leistungen bezeichnet habe (etwa 500 kg/cal.). An Stelle der Marsch- und Steigleistungen können natürlich auch Formen der häuslichen Beschäftigung, Gartenarbeit, Holzsägen und Holzzerkleinern usw. treten oder die verschiedenen Formen des Sports. Bei letzterem wird nicht nur die Steigerung der Muskeltätigkeit, sondern daneben eine systematische Ausbildung des Körpers angestrebt, deshalb haben sie auch da noch eine berechtigte Anwendung, wo die berufliche Tätigkeit in einseitigen Arbeitsformen den normalen Zustand des Körpers zu schädigen droht.

Bei den sportlichen Veranstaltungen werden besonders bei kurzdauernden Übungen oft erstaunlich große ernährungsphysiologische Leistungen vollbracht, die kaum anders als durch bereitliegende Vorratsstoffe ermöglicht werden können. Aber bald versiegt diese Quelle. Beim Lauf fällt die Leistung nach wenigen hundert Metern enorm ab.

Beim 15-Kilometer-Lauf im Olympiarennen wird $1^1/_2$ Stunden eine Geschwindigkeit von 4,1 m pro Sekunde innegehalten. Eine längere Laufdauer reduziert aber die mittlere Leistung noch erheblicher; es werden in einer Sekunde dann etwa 10 km gemacht = 2,6 m pro Sekunde.

Dieselbe Strecke wird im Schnellgehen in einer Stunde mit 7,6 km = 2,1 pro Sekunde bewältigt. Laufen und Gehen kommen sich bei Dauerleistungen also ziemlich nahe. Bei einem stundenlangen Dauerlauf berechnet sich der stündliche Gesamtumsatz auf 647 kg/cal. Bei einem 27 Stunden dauernden Wettmarsch über 202 km finde ich 478 kg/cal. pro Stunde. Die letzte Zahl entspricht sehr nahe den maximalen gewerblichen Berufsleistungen, nur der Dauerlauf überschreitet den ungefähren Grenzwert, was vielleicht auf die kürzere Dauer des Laufes gegenüber dem Gehen zurückzuführen ist. Im übrigen eignen sich nur wenige Personen zu derart extremen Leistungen, weshalb die Annahme konstitutioneller Einflüsse nicht von der Hand zu weisen ist. Es handelt sich auch nicht um berufsmäßige Leistungen und Dauerleistungen für Wochen und Monate.

Trotz alledem bewegen sich die maximalen Werte noch nahe genug den früher gefundenen von 500 kg/cal. pro Stunde entsprechend. Auch diese Beobachtungen lassen vermuten, daß vor allem Herz- und Atemtätigkeit zu begrenzt sind, um gewisse Leistungen zu überschreiten.

Für die Ergänzung unterwertiger motorischer Leistungen durch Leibesübungen kommt nur die gesundheitliche Seite, nicht aber die Frage des Nutzeffektes und rationeller Verwendung der Kräfte in Frage.