FERDINAND LAGRANGE
PHYSIOLOGIE DER LEIBESÜBUNGEN

FERDINAND LAGRANGE

PHYSIOLOGIE DER LEIBESÜBUNGEN

BERECHTIGTE AUSGABE. ÜBERTRAGEN UND
EINGELEITET VON LUDWIG KUHLENBECK

VERLEGT BEI EUGEN DIEDERICHS IN JENA 1912

VORWORT DES ÜBERSETZERS

Der Name des Verfassers dieses im französischen Sprachgebiete weit verbreiteten und geschätzten Buches, das von der Akademie der Wissenschaften und der Medizin mit einem Preise ausgezeichnet worden ist und bereits 13 Auflagen aufweist, wird deutschen Medizinern, die sich mit gymnastischer Heilmethode befassen, nicht unbekannt sein. Erwähnt werden mögen von seinen sonstigen Werken noch folgende: Les Mouvements méthodiques et la Mécanothérapie, La Médication par l'Exercice, Hygiène de l'Exercice chez les Enfants et les Jeunes Gens, De l'Exercice chez les Adultes.

Das vorliegende Werk verdient eine Übersetzung, da es einem größeren Leserkreise als demjenigen, der wissenschaftliche Werke auch in französischer Sprache beachtet, im höchsten Grade empfehlenswert ist.

Es darf als Vorzug unseres Zeitalters anerkannt werden, daß man der Körperpflege wieder größere Aufmerksamkeit schenkt, daß man mehr und mehr auch auf dem Kontinent und selbst in Deutschland in weiten Kreisen mancherlei Sport und Leibesübungen betreibt, die ein zweckmäßiges Gegengewicht gegen die verweichlichenden Wirkungen und den Nervenverbrauch der modernen „Kultur" bilden sollen.

Dem Übersetzer, den eine „heroisch-ästhetische Weltanschauung" (vgl. Kuhlenbeck, Im Hochland der Gedankenwelt, Eugen Diederichs Verlag) und mancherlei Studien über *Rasse* und *Rassenhygiene* von Anfang an zu lebhafter Anteilnahme an dieser frischen Strömung veranlaßten, konnten zahlreiche Verirrungen und Auswüchse derselben nicht verborgen bleiben, die teilweise aus der verbreitetsten menschlichen Schwäche, der Eitelkeit, teilweise auch aus Unkenntnis der physiologischen Gesetze entspringen.

In dem vorliegenden Buche von Lagrange, das wissenschaftliche Gründlichkeit mit gemeinverständlicher Klarheit vereinigt, glaubt er das beste Mittel gefunden zu haben, um auf diesem Gebiete aufklärend zu wirken. Er hofft, daß schon eine oberflächliche Kenntnisnahme vom Inhaltsverzeichnis

jedermann, der sich mit Leibesübungen befaßt, sei es lehrend oder lernend, sei es als Sportsmann, als Turnlehrer, Reitlehrer, Fechtmeister, als Offizier, sei es als bloßer Liebhaber gesunder Bewegungsreize, zum Studium des Werkes anregen wird.

Jedenfalls nimmt dieses Werk unter den zahlreichen Büchern, welche führende Geister Frankreichs seit 1870/71 verfaßt haben, um auf eine Regeneration der französischen Wehrkraft hinzuwirken, den ersten Rang ein. Möge es auch im deutschen Volke die ihm gebührende Beachtung finden! Unter anderm ist das Kapitel über die Überbürdung der Schüler sowohl unseren Kultusministerien als auch sämtlichen Schuldirektoren und den neuerdings eingeführten Schulärzten zur Erwägung in die Hand zu geben. Wir sind leider in Deutschland noch wenig berechtigt, uns einzubilden, dem antiken Ideal einer harmonischen Ausbildung von Leib und Seele nahe gekommen zu sein. Lagrange zeigt in wissenschaftlicher Gründlichkeit und Klarheit auch für uns den richtigen Weg.

JENA, IM HERBSTMOND 1911

LUDWIG KUHLENBECK

VORWORT

Die Fragen, die wir in einer *Physiologie der Leibesübungen* zu erörtern versucht haben, sind bislang noch in keiner sehr deutlichen Fassung gestellt worden, sie lagen aber vielleicht sozusagen in der Luft. Die Notwendigkeit, die verständige Regelung der verschiedenen Formen der Gymnastik unter wissenschaftliche Gesichtspunkte zu bringen, wurde bereits von vielen guten Köpfen hervorgehoben. Bislang hatte man sich im allgemeinen damit begnügt, die Vorteile der Leibesübungen in allen ihren Formen zu kennzeichnen und auf die gesundheitliche Förderung hinzuweisen, die für jedermann aus der Muskelarbeit entspringt; allein es fehlte noch an einer Belehrung über die beste Methode, diesen wertvollen Faktor der Kraftvermehrung für jeden einzelnen nutzbar zu machen und die Rolle der Leibesübung dem Alter, dem Geschlecht, dem Temperament und den verschiedenen Bedingungen des gesellschaftlichen Lebens anzupassen — mit einem Worte, es galt noch der Aufgabe gerecht zu werden, *Regeln* aufzustellen und Methoden zu begründen, *durch welche die vernünftige Muskelübung je nach Subjekt und Umständen zu individualisieren ist.*

Um dieses Ziel zu erreichen, hat man vor allem die vorübergehenden und dauernden Veränderungen zu erforschen, welche die Muskelarbeit im Organismus hervorruft und unter diesen sehr verschiedenartigen Modifikationen solche zu unterscheiden, die speziell aus der besonderen Form dieser oder jener Leibesübung und aus der Größe der Kraftanspannung entspringen, und solche, die auf diese oder jene Gliedmaßen des Körpers beschränkt sind. Diese vorgängige Untersuchung erscheint unerläßlich, um bestimmen zu können, welche Übung am besten zu den Verhältnissen paßt, in denen sich das einzelne Subjekt befindet.

Offenbar kann allein die Physiologie uns die Grundbegriffe verschaffen, auf welche der Hygieniker sich stützen kann, *um danach den vergleichsweisen Wert jeder Form der Gymnastik oder des Sports zu bestimmen.*

Die Physiologie der Muskelarbeit ist eine noch ganz junge Wissenschaft. Man darf sagen, daß sie erst durch die glänzenden

Arbeiten Mareys begründet worden ist. *Marey* verstand es mit Hülfe der graphischen Methode, unterstützt durch sehr scharfsinnige mechanische Mittel und die Augenblicksphotographie, die natürlichen Bewegungsarten des Menschen und der Tiere mit Genauigkeit zu zerlegen; er hat so die wahren Grundlagen einer Bewegungswissenschaft gelegt und die Bahn vorgezeichnet, welche die Hygieniker nicht ohne Gefahr auf Abwege zu geraten verlassen dürfen. Es ist unerläßlich, jeden gymnastischen Akt einer genauen Untersuchung zu unterziehen, bevor man seine Ratsamkeit oder wie die Ärzte es nennen, seine Indikation nach Lage des Falls und Subjekts feststellt. Aber es ist auch unerläßlich, in einer Art Synthese die ganze Reihe der nützlichen oder schädlichen Wirkungen darzustellen, welche die Muskelarbeit für die wichtigsten organischen Funktionen nach sich zieht, und nachzuweisen, wie diese Wirkungen je nach dem Grade der geleisteten Arbeit verschieden ausfallen, je nachdem sich die Muskelanstrengung auf bestimmte Gliedmaßen beschränkt oder aber über den ganzen Körper verbreitet, ferner je nachdem die Übung einen großen Kraftaufwand oder nur Gewandtheit, Ausdauer in der Arbeit erfordert usw.

Bislang, dies muß zugegeben werden, wurde die hygienische Leibesübung nicht durch ausreichende physiologische Begriffe kontrolliert. Die meisten Bücher über Leibesübungen sind bislang von Laien, Liebhabern des Sports, nur allgemein gebildeten Schriftstellern verfaßt und, so reichhaltig diese Werke auch an technischen Belehrungen sein mögen, so können sie doch dem Arzte kaum einen ernsten physiologischen Anhalt gewähren.

Ungeachtet ihrer Unzulänglichkeit sind diese Arbeiten immerhin nicht ohne großen Nutzen, da sie endlich die öffentliche Meinung im allgemeinen auf die hohe gesundheitsförderliche Bedeutung der Leibesübung aufmerksam gemacht haben.

Es ist Sache des Mediziners, den vergleichsweisen Wert jeder der gebräuchlichen Körperübungen zu bestimmen und unter Berufung auf physiologische Beweise den Vorzug jeder einzelnen für bestimmte Umstände und Einzelpersonen darzulegen.

Es dürfte sich gebührlicherweise auch empfehlen, die Unzuträglichkeiten und Gefahren, welche in besonderen Fällen mit

jeder Übung verknüpft sind, zu kennzeichnen; aber es wird im allgemeinen sehr übel aufgenommen, wenn man sich anmaßt, irgendeine beliebige Körperübung einer vernünftigen Kritik zu unterziehen; denn jede hat ihre begeisterten Anhänger, die sie energisch verteidigen ohne einzuräumen, daß sie irgendeinem Vorwurf unterliegen könne. Richtig ist, daß alle Leibesübungen das Verdienst haben, im Organismus eine Reihe von allgemeinen Wirkungen hervorzurufen, die geeignet sind, die Gesundheit und die Körperkraft des Individuums zu heben und zu steigern.

Hieraus ergibt sich mit Notwendigkeit die Folgerung, daß keineswegs alle Übungen gleichmäßig in allen Fällen und für alle Personen empfehlenswert sind. Man hat je nach dem Resultat, das man erzielen will, eine Auswahl unter den verschiedenen Formen der Gymnastik zu treffen, und es gibt keine einzige Übung, die unbedingt beanspruchen könnte, besser als alle anderen zu sein: diejenige Übung ist die beste, welche die günstigsten physiologischen Erfolge in Beziehung auf das erstrebte Ergebnis gewährleistet. Nun aber sind die Resultate, welche man mit Hülfe der Muskelarbeit erstrebt, von sehr verschiedener Natur. Beispielsweise hat das Turnen der Feuerwehrleute den Zweck, eine gewandte und kühne Rettungsmannschaft auszubilden, Männer, die imstande sind, die schwierigsten Bewegungen auszuführen, bei denen jedoch auf schöne Figur und regelmäßige Proportionen nichts ankommt; beim Turnen junger Mädchen dagegen meine ich, wird man vielmehr die regelmäßige Entwicklung des Körperbaus und die Harmonie seiner Formen im Auge haben, als etwaige akrobatische Fertigkeiten. Dem Fechter kommt es vor allem auf eine gewisse Präzision der Bewegungen an, auf einen genauen Blick, auf völligen Einklang zwischen Hirn und Hand, weniger auf Steigerung der Muskelkräfte zu besonderer Stärke. Ebenso haben die Reitkunst und viele andere Arten des Sports es auf die Entwicklung ganz bestimmter Fertigkeiten abgesehen.

Die verschiedenen Zwecke der Übung müssen also sorgfältig von ihren rein hygienischen Wirkungen getrennt werden, sie sind gleichwohl oft Gegenstand bedauerlicher Konfusion.

Die Anwendung der Muskelübung im Dienste der Gesundheitslehre fordert die Lösung eines doppelten Problems. Der Arzt hat sich zu fragen: 1. welche Modifikationen sind erwünscht, sei es durch Beeinflussung des Körperbaus oder der Organtätigkeiten, um den gesundheitlichen Zustand des Patienten zu verbessern; 2. welche Form derjenigen Übung, deren Zweckmäßigkeit anerkannt ist, wird am meisten geeignet sein, diese Modifikationen herbeizuführen. Von diesen beiden Fragen fällt die erstere ins Bereich der Hygiene, die letztere in dasjenige der Physiologie.

Die Physiologie der Muskeltätigkeit bildet die erste Etappe auf dem Wege, der zu einer wissenschaftlichen Heilgymnastik führt; dieses Buch geht darüber nicht hinaus. Es versucht die Muskelarbeit, ihre lokalen und allgemeinen Wirkungen auf den gesunden und normalen Organismus zu erforschen, ohne sich auf besondere Abwandlungen der Gesundheit oder Krankheit einzulassen, die ein Patient darbietet. Wollte man unser Werk vom Standpunkt der Hygiene aus beurteilen, so würde man gewiß erhebliche Lücken finden; denn es nimmt keinerlei Rücksicht auf die individuellen Verschiedenheiten, welche sich bei den Menschen ausprägen, sondern lediglich auf verschiedene Besonderheiten in den Ergebnissen der verschiedenen Formen der Übung. Auch will es kein Buch über Gesundheitslehre, sondern lediglich eine physiologische Studie sein.

Wir haben einen weiteren Band in Vorbereitung, der speziell den Gesichtspunkt der *Anwendung* behandeln soll; es wird den Titel führen: Gesundheitliche Bedeutung der Muskelübung, und die Indikationen für die verschiedenen Arten der Leibesübung festzustellen versuchen, die Dienste, die man von jeder Art der Gymnastik oder des Sports je nach Alter, Geschlecht, Temperament, Lebensweise usw. erwarten darf.

Der zweite Band wird den hier vorliegenden ergänzen.

Limoges, den 1. Mai 1888

ERSTER TEIL / DIE MUSKELARBEIT / DIE ORGANE DER ARBEIT / DIE BEWEGUNGEN / DIE WÄRME / DIE VERBRENNUNGEN

I. DIE ORGANE DER BEWEGUNG

Übung und Arbeit · Der Muskel · Der Nerv, Theorie der Lawine · Das Rückenmark; die Reflexe; die unbewußten Bewegungen · Das Gehirn; überlegte Bewegungen, willkürliche Bewegungen · Die motorischen Zentren; kombinierte Muskelakte · Der Wille, als Bewirker der Arbeit · Übertragung, Willenserregung, Art der Überleitung · Die Nervenschwingungen und die muskuläre Welle · Dauer der Überleitung; Zeitverlust; Periode der latenten Erregung

Als Leibesübung bezeichnet man eine Arbeit, die in der Absicht geleistet wird, den menschlichen Organismus in Hinsicht der Stärke, Gewandtheit oder Gesundheit zu vervollkommnen. Wissenschaftlich gibt es keinerlei Unterschied zwischen der Berufsarbeit, zu der das Bedürfnis den Bauern oder Tagelöhner nötigt und der mehr oder weniger eleganten, der sich ein Sportsmann widmet. Der Arbeiter, welcher Holz sägt, und der Gentleman, der ficht, — alle beide verrichten Muskelarbeit. Aber der Aristokrat verrichtet seine Übungen nur in bestimmten Stunden, regelt die Zeit, die er ihnen widmet, nach seinem Belieben und widmet sich nach den Vorschriften der Hygiene der Ernährung und Ruhe, während der arme Plebejer zuviel arbeitet, zu schlecht ißt und wenig schläft. Dies ist der Grund, warum die Arbeit den einen erschöpft, während sie den anderen kräftigt. Was übrigens der Arbeiter aus Not tut, kann ein dem Sport leidenschaftlich ergebener Mensch auch aus übermäßigem Eifer tun. In beiden Fällen ist das Ergebnis dasselbe, und der Mißbrauch der Leibesübung führt ebenso wie übermäßige Anstrengung bei der Arbeit zur Erschöpfung und Überarbeitung.

Leibesübung und Arbeit sind also gleichbedeutend vom physiologischen Standpunkt aus, und wir werden sie in dieser Studie einheitlich behandeln, indem wir sie auf ihren fundamentalen Akt, auf die Muskelanspannung, zurückführen.

I

Die unmittelbaren Bewirker der Bewegung sind die *Muskeln*, Bündel von rötlichen Fasern, deren Gesamtheit fleischige Massen bildet, welche die verschiedenen Teile des Skeletts um-

geben. Die Muskeln bilden dem Gewichte nach mehr als die Hälfte des menschlichen Körperbaus. Daher die Wichtigkeit der Leibesübung als eines Modifikators der Ernährung. In der Tat ändert die Arbeit gründlich die physiologischen Verhältnisse und die chemische Zusammensetzung der Muskeln, und viele Übungen setzen auf einmal alle Muskelgebiete des Körpers in Arbeit. Man wird somit begreifen, wie der Organismus durch und durch in Mitleidenschaft steht mit den Veränderungen, die in einer so bedeutenden Masse lebender Gewebe stattfinden.

Die Muskelgewebe des Körpers ordnen sich zu mehr oder weniger umfangreichen Bündeln, im allgemeinen von länglicher Form, deren Enden gewöhnlich durch Sehnen gebildet werden, die sie mit einem Knochen verknüpfen. Jede solche Abteilung bildet einen Muskel und jeder Muskel zerfällt wieder in sekundäre Bündel. Schließlich lassen sich die sekundären Bündel selbst in *Primitivfasern*, die Urelemente des Organs, zerlegen.

Die Primitivfasern des Muskels werden hauptsächlich durch eine Art von häutigen Scheiden gebildet, die man *Sarkolemmen* nennt, deren Inhalt der *Muskelsaft* ist.

Der Muskelsaft oder das Plasma ist bei niedriger Temperatur vollkommen flüssig. — Kühn gibt uns dafür einen merkwürdigen Beweis: er sah einst einen Eingeweidewurm im Innern einer Primitivfaser schwimmen. — Aber man kann die Flüssigkeit des Plasma nur durch strenge Kältegrade feststellen, bei denen die übrigen Stoffe des Muskels erfrieren.

Um es in flüssigem Zustande zu sehen, muß man es bei —3° beobachten. Schon bei 0° ist es geneigt, zu gerinnen, und wenn die Temperatur 45° überschreitet, geht es völlig in den festen Zustand über.

Das Plasma gerinnt nicht nur unter dem Einfluß der Wärme; es strebt auch fest zu werden unter dem Einfluß gewisser Säuren, vor allem der Milchsäure, die sich in den Muskeln durch Arbeit bildet.

Wir werden, sobald wir von den Erscheinungen der Müdigkeit sprechen, sehen, welche wichtige Rolle bei scharfer Überarbeitung das Gerinnen der Muskelsäfte unter dem Einfluß

übertriebener Hitze und der reichlichen Säuren spielt, die sich in den angestrengten Muskeln entwickeln. Die Muskeln sind mit der Eigenschaft ausgestattet, sich zusammenzuziehen, d. h. sich zu verkürzen, indem sie ihre Enden einander nähern, derart, wie ein Gummiband, das langgezerrt wird, sich wieder zu seiner normalen Länge zusammenzieht.

Wenn ein Muskel sich zusammenzieht, so zieht er die Knochen, an denen er befestigt ist, an sich. In Gemäßheit der verschiedenen Wirkungen des Hebels, der Rolle, des Zapfens usw., die sich in den Gliedern darstellen, setzt diese fundamentale Zugkraft sich ins Unendliche um, und die Glieder beugen, dehnen, wenden und drehen sich nach allen Richtungen.

Die Muskeln werden beauftragt, die Bewegungen auszuführen; aber sie können sie nicht selbst hervorrufen, ohne die Hülfe eines Agens, das sie zur Zusammenziehung veranlaßt. Die Zusammenziehungskraft des Muskels ist eine latente Kraft, vergleichbar der des Schießpulvers, das nicht ohne den Funken sich entzündet. Der sich selbst überlassene Muskel bleibt träge und kann nicht aus seiner Untätigkeit, seiner *Ruhe* heraustreten, wenn er nicht durch irgendeinen Reiz dazu veranlaßt wird.

Der gewöhnliche Erreger des Muskels ist der *Wille*, aber auch viele andere Einflüsse können seine kontraktilen Eigentümlichkeiten ins Spiel setzen.

Um die *Irritabilität* des Muskels ins Spiel zu setzen, eine Eigenschaft, dank der das gereizte Organ sich zusammenzieht, genügt es, daß das erregende Agens unmittelbar mit der Muskelfaser in Berührung kommt. So genügt es, bei einem frisch geschlachteten Tiere, einen Muskel bloßzulegen und die Fasern desselben stark zu kneifen, um zu sehen, wie der Muskel sich zusammenzieht und die Knochen, an denen er befestigt ist, bewegt.

Auf den ersten Blick dürfte man versucht sein, zu glauben, daß auch der Wille ebenso wie die anderen Erreger des Muskels unmittelbar auf das Bewegungsorgan einwirke.

Der Zeitpunkt des Wollens und derjenige des Handelns scheinen so eng miteinander verknüpft zu sein, daß sie scheinbar zusammenfallen. Auf den geringsten Befehl ergreift unsere Hand einen Gegenstand, nimmt ihn auf oder legt ihn weg und ge-

horcht mit solcher Pünktlichkeit und Schnelligkeit, daß der Wille unmittelbar die Muskeln zu erregen scheint. So verhält es sich aber nicht; dieses Vermögen bedarf vielmehr, um ihnen seine Befehle zu vermitteln, einer sehr zusammengesetzten Verkettung von Zwischenorganen, ohne welche seine Wirkung gleich Null ist.

Diese Vermittler sind die *Nerven*, das *Rückenmark* und das *Gehirn*.

Wenn man die Nerven des Armes zerschneidet, bemüht sich die höchste Willensenergie umsonst, das Glied zu bewegen: die Muskeln ziehen sich nicht mehr zusammen.

Man sagt gewöhnlich, daß die Zerschneidung der Bewegungsnerven die Muskeln *lähme*. Der Ausdruck ist nicht genau: diese Muskeln haben nicht die Fähigkeit verloren sich zusammenzuziehen, sondern sie sind dem Einfluß des Willens entzogen und empfangen dessen Befehle nicht mehr. Unter dem Einfluß anderer Erregungsursachen würden sie fortfahren in Kontraktion zu treten und die Knochen, mit denen sie verbunden sind, zu bewegen. Wenn man diese Muskeln, die gelähmt zu sein scheinen, elektrisiert, ja wenn man sie nur stark kneift, kann man ihre Zusammenziehung und Bewegungen hervorrufen.

Eine Zerschneidung des Rückenmarks, eine Verletzung des Gehirns haben also das Ergebnis, die Muskeln außer den Bereich des Willens zu setzen, ohne jedoch deswegen ihre Kontraktilität zu zerstören.

Die Kontraktilität ist eine den Muskeln einwohnende Kraft, die keineswegs von den Bewegungsnerven herrührt. Wenn man sorgfältig alle Nervenfasern zerstört, die zu einem Muskel führen, so verliert dieser, jetzt auf seine eigenen Bestandteile angewiesen, darum keineswegs die Fähigkeit, unter dem Einfluß irgendeines Reizes in Kontraktion zu treten.

Der Muskel hat eine besondere Individualität und eigentümliche Kraft, abgesehen von jeglicher Nerventätigkeit.

Wenn man von der Hüfte eines eben getöteten Hundes einen Muskel ablöst, so kann man sogar durch diesen so isolierten Muskel, der nur das Stück eines tierischen Körpers ist, Arbeit verrichten lassen. Befestigt man diesen Muskel mit seinem einen

Ende an einen Nagel, während man an das andere Ende ein Gewicht hängt, so genügt es, den so gespannten Muskel stark zu kneifen, um zu sehen, wie er sich zusammenzieht und das Gewicht hebt.

Der Muskel hat eine große Lebenskraft und bewahrt sehr lange seine Fähigkeit zur Arbeit, vorausgesetzt, daß er eine genügende Erregung erhält. Daher darf man in vielen Fällen die Bewegungsunfähigkeit, die ein ermüdeter Mensch an den Tag legt, nicht auf das Muskelsystem zurückführen. Fast immer ist es bei den gewöhnlichen Lebenstätigkeiten der Wille — der erregende Faktor der Muskelzusammenziehung —, der zuerst erschlafft, lange bevor der Muskel seine kontraktilen Eigenschaften unter dem Einfluß einer verlängerten Arbeit verloren hat.

II

Man kann die motorischen Nerven mit Metalldrähten vergleichen, die bestimmt sind, einem Elektrizitätsempfänger die Elektrizität zuzuleiten, die von einem elektromotorischen Apparat ausgehen. Sie leiten dem Muskel die vom Hirn ausgehenden Erregungen zu. Sie leiten ihm auch alle Reize zu, die von äußeren Eindrücken kommen können. Eine schmerzhafte Berührung, ein elektrischer Schlag, die Berührung mit einer Säure kann durch Vermittlung des Nerven auf den Muskel einwirken. Wenn man eine Nervenleitung elektrisiert, so wird die Wirkung auf den Muskel, mit dem diese verbunden ist, genau dieselbe sein, die man durch unmittelbare Elektrisierung des Muskels erhalten würde.

Der Wille bedarf des Dienstes der Nerven, um seine Befehle den Muskeln zu übermitteln. Bei jedem noch so lebendigen und energischen Menschen genügt es, einen dieser kleinen dünnen Fäden zu zerschneiden, um zu sehen, daß der Muskel, zu dem er führt, in Trägheit versinkt. Vergeblich erschöpft sich dann der Wille in nutzlosen Anstrengungen und gibt umsonst wiederholte Befehle. Sein Ruf wird nicht mehr gehört.

Es ist, wie wenn zwischen zwei Telegraphenstationen die Zerstörung der Drähte jede Mitteilung unmöglich gemacht hat.

Die Nerven besitzen an und für sich keine Fähigkeit, Bewe-

gungen hervorzurufen. Ihre Rolle besteht lediglich darin, den Muskeln die Reize zu übermitteln, die deren Lebenseigenschaften in Spiel setzen. Gleichwohl ist zu erwähnen, daß nach Ansicht einzelner Physiologen der Nerv nicht nur das Vermögen besitzt, einen empfangenen Reiz zu leiten, sondern auch diesen Reiz zu verstärken. Nach Pflüger soll in einem sei es durch eine mechanische Erschütterung oder eine elektrische Entladung oder auch durch den Willenseinfluß erregten Nerven ein Vorgang ablaufen, den man die *Nervenlawine* nennt. Gerade so wie ein Schneeklumpen, der von einem Berggipfel sich löst, beim Herabgleiten auf dem Abhange wächst und bei seiner Ankunft im Tale eine bedeutend größere Masse darstellt, als bei Beginn des Sturzes, so würde sich auch die Erregung des Nerven durch ihren Verlauf durch den Zuleitungsstrang verstärken und im Muskel erheblich kräftiger anlangen, als sie im Entstehen war.

Der Nerv wäre demnach nicht nur ein Leitungs-, sondern auch ein Verstärkungsapparat: er würde die Intensität der Reize, welche er leitet, verstärken, wie der Mikrophon die Intensität der Töne, welche ihn durchdringen.

Wenn die Theorie von Pflüger genau ist, und wenn der Nerv die Erregungen, welche er zum Muskel führt, wirklich zu verstärken vermag, so dürfen wir glauben, daß sich dieses Vermögen durch die Übung entwickelt wie alle physiologischen Fähigkeiten der arbeitenden Organe. Die motorischen Nerven eines Menschen, welcher sich Leibesübungen unterzieht, müssen also geeigneter werden, die Willenserregungen zu verstärken. Diese Befähigung kann zum Teil für die oft überraschende Kraftverstärkung, welche man bei *trainierten* Menschen beobachtet, eintreten, und die man nicht immer durch eine Vergrößerung des Muskelgewebes erklären kann; sie würde nämlich mittels einer gemäßigten Willensanstrengung eine stärkere Erregung der motorischen Faser und infolgedessen eine stärkere Kontraktion erzielen.

Die Nerven haben unter allen nervenartigen Geweben die einfachste Struktur, denn man findet bei ihnen nur ein einziges Grundgewebe, die *weiße Substanz.* Diese Substanz wird durch

längliche Grundstoffe, in Form von hohlen Fasern oder *Röhren*, gebildet, in denen man durch das Mikroskop eine Art Faser erblickt, die man *Zylinderachse* nennt. An den Punkten, wo der motorische Nerv sich dem Muskel mitteilt, endet die Zylinderachse in einer scheibenförmigen Entfaltung, die man motorische Scheibe nennt und die sich eng mit der Umhüllung der äußersten Muskelfäserchen verbindet. Die motorische Scheibe ist der verbindende Teil, welcher Nerv und Muskel vereint. Durch sie wird die Verbindung zwischen dem motorischen und dem leitenden Organ, welches dem ersteren die Willensbefehle überträgt, hergestellt.

III

Das *Rückenmark* scheint durch die Vereinigung aller Nerven des Rumpfes und der Glieder gebildet zu sein. Es hat die Form eines dicken weißen Stranges, in dem sowohl die Empfindungsnerven wie die motorischen Nerven endigen, und welcher sich bis zum Gehirn fortsetzt, von dem er gewissermaßen eine Verlängerung darstellt. Er ist aus zwei Substanzen zusammengesetzt. Die eine ist weiß wie das Gewebe der Nerven, die andere zeigt eine graue Färbung.

Die *weiße Substanz* bildet die äußeren Schichten des Rückenmarks. Sie zeigt dieselbe elementare Struktur wie die Nerven und bietet dieselben leitenden Eigenschaften wie diese Organe; da sie aber sowohl durch sensible Fasern wie durch motorische Fasern gebildet ist, hat sie gemischte Eigenschaften: ihre hintere Region ist Leiterin von Empfindungseindrücken, während ihre vordere Region motorische Erregungen überträgt.

Durch seine weiße Substanz unterscheidet sich das Rückenmark keineswegs von den Nerven. Schneidet man das Rückenmark quer durch, so hören die gewollten Bewegungen in allen den Muskeln auf, welche ihre Nerven aus den unterhalb des Schnittes liegenden Teilen empfangen. Wenn man hingegen die vorderen Fasern stark kneift und elektrisiert, so ruft man unwillkürliche Kontraktionen in den Muskeln hervor, die von den Punkten, auf die man die Reizung wirken läßt, ihre Nerven empfangen.

Die *graue Substanz* macht aus dem Rückenmark ein Nervenzentrum, d. h. ein Organ fähig, nicht nur motorische Reize zu leiten, sondern auch von sich aus eine Bewegung im Muskelsystem hervorzurufen. Sie besteht aus unregelmäßig sphärischen Zellen, die durch fadenförmige Verlängerungen untereinander und mit den motorischen und sensiblen Nervenfasern physiologisch und anatomisch verknüpft sind. Die *Nervenzelle (Ganglie)* ist das höchste Glied in der Hierarchie der lebenden Gewebe; sobald man ihr an einem Punkte des Nervensystems begegnet, kann man sicher sein, daß dieses Gebiet seine besondere Fähigkeit besitzt und von keinem anderen abhängt.

Die eigentümliche Bedeutung des Rückenmarks offenbart sich durch sein Vermögen, in den Muskeln ohne Mithülfe des Gehirns und ohne Willensbefehl Bewegungsreize hervorzurufen.

Geköpfte Tiere können noch spontane Bewegungen machen, vorausgesetzt, daß ihr Rückenmark unversehrt ist.

Eine Ente, der man den Kopf abgeschnitten hat, schlägt noch mit den Flügeln und kann sogar noch einige Schritte gehen.

Kneift man stark den Arm oder ein Bein eines eben erst enthaupteten Menschen, so zucken diese Glieder, wie wenn der Hingerichtete noch eine Empfindung besäße und sich der Berührung entziehen möchte.

Alle diese Bewegungen haben den Anschein bewußten Wollens, sind aber gleichwohl unbewußt und ungewollt wie alle Bewegungen, die ohne Mitwirkung des Gehirns zustande kommen.

Um von dem auf ihre eigene Tätigkeit zurückgeführten Vermögen des Rückenmarks, ohne Hülfe des Hirns zu handeln, eine Vorstellung zu geben, glaube ich am besten folgendes merkwürdige Experiment anführen zu können.

„Wenn man einem Frosche den Kopf abschneidet, zuckt das Tier und krümmt sich einen Augenblick, dann bleibt es still. Es würde immer unbeweglich bleiben, wenn es in feuchter Umgebung vor allen Reizen geschützt unter einer Glocke gehalten würde. Wenn man aber eines seiner Beine berührt oder einen Tropfen Essig darauf fallen läßt, sucht der Frosch sofort zu fliehen und sich von der Ursache zu entfernen, die seine Ruhe

gestört hat. Gießt man den Tropfen Essig auf das linke Bein, so versucht er es mit dem rechten zu wischen und umgekehrt."

Auf den ersten Blick macht es einen überlegten Eindruck und scheint der Frosch einen Akt bewußten Wollens ausgeführt zu haben; wenn man aber das Experiment fortsetzt, sieht man bald, daß die Bewegung des enthirnten Frosches nur die *mechanische Antwort* auf einen lebhaften Reiz ist und keineswegs ein bewußter Akt, um einer Gefahr zu entgehen.

„Goltz und Portes nahmen einem Frosche das Gehirn und setzten ihn dann in ein Gefäß mit Wasser. Wenn sie ihn berührten, sahen sie ihn schwimmen, wie um zu fliehen und sogar über den Rand des Gefäßes hinaus springen. Als sie dann das Wasser langsam erwärmten und es schließlich ohne schroffen Übergang auf eine sehr erhöhte Temperatur brachten, rührte sich der Frosch nicht, versuchte auch nicht das Gefäß zu verlassen und ließ sich schließlich kochen, ohne irgendein Zeichen dafür, daß er ein Bewußtsein der Gefahr hatte."

Die Bewegungen des enthaupteten Frosches sind sogenannte *Reflexbewegungen.*

Bei den Reflexbewegungen spielt der Wille keine Rolle. Der Erreger der Muskeltätigkeit ist eine Empfindung, die durch den ganzen sensitiven Nervenfaden bis zu einem Punkt des Rückenmarks hinaufsteigt, von dem ein motorischer Nerv ausgeht. Das Ende des sensitiven und der Anfang des motorischen Nerven begegnen sich in einer und derselben Markzelle, wo ein dritter Nervenfaden entspringt, der sich zum Gehirn richtet.

Wenn ein Empfindungseindruck anstatt durch diesen dritten aufsteigenden Faden ins Gehirn zu gelangen, im Rückenmark anhält, sendet dieses, indem es ihn in Bewegung umwandelt, ihn in die Richtung des Muskels zurück, wohin der Bewegungsnerv ihn leitet. Der Eindruck biegt sich also zum motorischen Zentrum zurück und anstatt seine Bahn zu verfolgen, kehrt er in sich selbst zurück, ähnlich wie die Schallwellen der Stimme, die gegen eine Wand stoßen, zurückkommen und das Echo hervorrufen.

Man kann sagen, daß die Reflexbewegung das Echo eines sensitiven Eindrucks ist.

Übrigens ist es nicht nötig, daß das Gehirn zerstört sei, damit sich Reflexbewegungen erzeugen: es genügt, daß es an der Muskeltätigkeit unbeteiligt bleibt. Alsdann ist diese nicht mehr gewollt und vollzieht sich unbewußt, wie man dies bei einem schlafenden oder auch bei einem sehr beschäftigten Menschen beobachten kann, der nach einer ebenso gebräuchlichen wie treffenden Redensart seinen Kopf anderswo hat und nicht an das denkt, was er tut, beobachten kann. Man kann alle Tage so einen Menschen in Gedanken an der Schwelle seiner Tür vorbeigehen sehen, obwohl er doch die Absicht hatte, dort einzutreten; man sagt dann, er sei zerstreut und seine Beine vollziehen eine automatische Bewegung.

Die *automatische Bewegung* des Gehens ist anfangs mühsam vom Kinde gelernt, schließlich aber so leicht geworden, daß das Gehirn sich nicht mehr darum zu kümmern braucht. Der Reiz, den der Boden auf die ihn berührende Fußsohle ausübt, löst als Reflexwirkung eine Bewegung des anderen Beines aus, das nunmehr seinerseits sich hebt und vorschreitet usw. Diese regelmäßige Reihenfolge der Beinbewegungen, wodurch die Füße bald auf den Boden gesetzt, bald wieder gehoben werden, vollzieht sich ohne besonderen Anteil des Wollens und der bewußten Gehirntätigkeit.

Bei den Leibesübungen kann durch Einübung eine große Menge von Bewegungen automatisch werden; der Wille kann sich anderweit beschäftigen, ohne sich um die Muskelaktion zu kümmern. Alsdann besorgt allein das Rückenmark diese Bewegungen unter Ausschaltung des Gehirns.

Wir werden, wenn wir die ärztliche Anwendung der Leibesübungen behandeln, Gelegenheit haben, die hier summarisch dargestellten Begriffe zu benutzen. Wir werden dann die besondere Bedeutung hervorheben, die die automatischen Übungen, die das Gehirn nicht mit ins Spiel bringen, für Menschen haben, die durch Kopfarbeit erschöpft sind.

Das Rückenmark vermag es, kraft seiner automotorischen Fähigkeit, das Gehirn zu vertreten und sehr komplizierte Bewegungen allein zu leiten. Aber die Ausführung automatischer oder Reflexbewegungen, ist bedingt durch seine vollkommene

Unversehrtheit. Führt man die Spitze eines Stiletts in den Wirbelkanal eines frisch enthaupteten Frosches ein, so vernichtet man vollständig sein Reflexvermögen, infolge von Zerstörung des Marks, das durch das Instrument zerschnitten wird; das Tier verliert augenblicklich sogar jegliche Fähigkeit, auf einen Reiz zu reagieren, der die Empfindlichkeit der Haut ins Spiel setzen müßte; man kann seine Gliedmaßen nur noch dadurch in Bewegung setzen, daß man unmittelbar die Muskeln oder ihre motorischen Nerven erregt.

IV

Das *Gehirn* hat die Gestalt einer rundlichen, graufarbigen und weichen Masse. Es ist, wie das Rückenmark, aus weißer und grauer Substanz zusammengesetzt und enthält, wie dieses, Nervenröhren und Nervenzellen (Ganglien). Aber — im Gegensatz zur Anordnung beim Rückenmark — die graue Substanz bildet bei ihm die Peripherie, die sogenannte Hirn*rinde*, während die weiße Substanz sich um den Mittelpunkt lagert. Außerdem findet man noch erhebliche Kerne des grauen Gewebes in der Masse der weißen Substanz, wo sie die Anwesenheit gewisser Zentren des Organismus, der Ganglienzellen und Herde eigentümlicher Aktivität anzeigen.

Im Gehirn, wie im Rückenmark, ist die weiße Substanz Leiterin der empfangenen Reize, während das Vermögen, spontane Bewegungen auszulösen, in bestimmten Zellen der grauen Substanz lokalisiert ist.

Die graue Substanz des Gehirns kann, wie die des Rückenmarks, ihre eigentümliche Tätigkeit auch durch Reflexbewegungen bekunden. Das Gehirn ist der Ursprungsort für motorische und sensitive Nerven, und ein sensitiver Reiz kann auch in denjenigen Muskeln, die von Nerven der Schädelregion abhängen, eine Reflexbewegung auslösen. — So z. B. ruft bei einem frisch enthaupteten Tiere ein Tropfen Essig, den man auf die Oberfläche des Auges tröpfelt, ein Zwinkern der Augenlider hervor.

Das Gehirn ist also, wie das Rückenmark, auch ein Zentrum der Reflexbewegung; aber vorwiegend ist es Zentrum der *willkürlichen* Bewegung.

Hierin liegt, vom Standpunkt der Bewegungslehre, das Charakteristikum des Gehirns: sobald man das Gehirn beseitigt, schwindet mit diesem die Möglichkeit jeglicher willkürlicher Muskeltätigkeit.

Es ist nicht notwendig, bei einem Tiere das ganze Gehirn zu beseitigen, um ihm die Fähigkeit zu bewußten Bewegungen zu nehmen. Vielmehr genügt es, die *graue* Substanz völlig zu beseitigen; denn nur im Schoße dieser Substanz kommen die Willensreize zur Entstehung, deren Wesen uns bis jetzt unbekannt ist. Man hat Hunde, bei denen man diesen Teil des Gehirns entfernt hatte, am Leben erhalten und konnte feststellen, daß sämtliche Bewegungen bei ihnen nur mehr Reflexbewegungen waren, die teils durch Eindrücke der Umwelt, teils durch die Gewohnheit ausgelöst wurden. Solche Hunde bewegen sich nur noch automatisch.

Das Gehirn hat, wie das Rückenmark und die motorischen Nerven, die Eigentümlichkeit, mechanische oder elektrische Reize, denen es ausgesetzt wird, zu übertragen. Aber während es leicht ist, die Bewegung voraus zu bestimmen, die eine Nervenreizung in den Bewegungsorganen auslöst, sofern man genau weiß, in welchen Muskeln der betreffende Nerv sich ausbreitet, ist es oft schwer, die Wirkung eines auf das Gehirn gelenkten Bewegungsreizes vorherzusagen. Man weiß nämlich nicht immer, welchen Muskelgruppen die Nervenfasern entsprechen, auf welche man den angewandten Reiz wirken läßt. Daher sind die Wirkungen einer Hirnverletzung oft von so unerwarteter und manchmal geradezu seltsamer Tragweite.

Man sieht manchmal auf der Jagd verwundete Tiere die seltsamsten Bewegungen ausführen.

Das Rebhuhn z. B., dem ein Schrotkorn bestimmte Teile des Schädels durchschlagen hat, hebt sich plötzlich in gerader Linie senkrecht in die Luft und fällt tot zurück.

So hatten wir eines Tages Gelegenheit, einen angeschossenen Hasen zu beobachten, der sich mit Schnelligkeit um sich selbst drehte. Die Bewegung vollzog sich um die Längenachse seines Körpers, d. h. das Tier schien sich gewissermaßen um eine Stange zu drehen, die es vom Kopfe bis zum Schwanze durch-

bohrt hätte. Auf den ersten Blick glaubten wir, der angeschossene Hase wolle davonlaufen, und waren über die ungeschickte Art und Weise überrascht, in der er uns zu entschlüpfen versuchte. Wir konnten uns jedoch bald überzeugen, daß seine sonderbaren Evolutionen vollständig unwillkürlich waren: sie wurden durch einen unwiderstehlichen Antrieb veranlaßt.

Der Hase hatte ein Schrotkorn in den Kopf bekommen und dieses hatte einen bestimmten Teil des Kleinhirns erreicht. Der von den Nervenfasern erlittene Chok hatte sämtliche Muskeln gereizt, die mit ihnen in Verbindung standen, und diese Muskeln hatten durch ihre Zusammenziehung das Tier zu jener kreisenden Bewegung gezwungen, bei der sein Wille völlig unbeteiligt war.

Andere Hirnverletzungen können verschiedene nicht weniger auffällige Bewegungseffekte nach sich ziehen. So kann man durch Einführung einer Nadel in bestimmte Teile des Gehirns eine Bewegung hervorrufen, die man als Zirkusbewegung bezeichnet, weil jetzt das Tier sich nicht mehr um sich selbst dreht, sondern einen Kreis beschreibt, wie ein Pferd im Zirkus.

Diese Bewegungen sind zurzeit physiologisch noch ungenügend aufgeklärt, aber sie beweisen wenigstens, daß ein auf einen einzigen genau abgegrenzten Punkt des Gehirns ausgeübter Reiz in mehreren Muskelgruppen auf einmal Kontraktionen hervorrufen kann.

Dies ist möglich, weil eine große Anzahl von Nervenfasern, die nach verschiedenen Muskeln ausstrahlen, demselben engbegrenzten Bezirk der Hirnsubstanz entspringen kann. Auf diese Weise kann ein Reiz, der nur eine kleine Stelle des Organs trifft, gleichzeitig sich auf mehrere Muskelgruppen übertragen, ähnlich wie vermittels eines einfach verzweigten Netzes von Telegraphendrähten ein einzelner Druckknopf in demselben Moment mehrere elektrische Glocken zum Läuten bringt.

Im Jahre 1874 wieß Ferrier nach, daß man durch Elektrisierung bestimmter Hirnwindungen Bewegungen, sei es in den Augen, sei es in der Zunge, sei es im Halse des Versuchstiers, hervorrufen könne. Er nannte diese Punkte des Gehirns, in denen sich eine Anzahl von motorischen Nerven, die mit be-

stimmten und oft sehr ausgedehnten Muskelgruppen korrespondieren, zu vereinigen scheinen, *motorische Zentren.*

Ein amerikanischer Arzt, der Doktor Bartholow, hat dann sogar mit einer in Frankreich noch unbekannten Verachtung der Menschlichkeit, diese von Ferrier an Hunden gemachten Experimente auch bei einem Menschen, dessen Gehirn durch eine Schußwunde bloßgelegt war, wiederholt. Er konnte konstatieren, daß es beim Menschen ebensowohl wie bei den Tieren motorische Zentren gibt, genau begrenzte Teile des Gehirns, von denen die Bewegungen einer ganzen Region des Körpers abhängen.

Diese Lokalisation des Bewegungsvermögens für eine ganze Muskelgruppe in einem abgegrenzten Teile des Gehirns erklärt uns auch die Solidarität, die bestimmte Muskeln vereinigt, und die Schwierigkeit, die wir empfinden, wenn wir einige dieser Muskeln ohne die anderen in Tätigkeit zu setzen versuchen. Beispielsweise vermag der Wille es nicht, einen einzigen Streckmuskel isoliert zusammenzuziehen. Wenn er den Befehl dazu gibt, gehorcht die ganze Muskelgruppe. Stellenweise stehen die assoziierten Bewegungen jedoch in einer weniger engen Verbindung und dann kann man mit großer Willensanstrengung oder vor allem durch tägliche Übung dahin gelangen, zwei gewöhnlich vereinigte Bewegungen zu dissozieren.

V

Wir haben die Organe der Bewegung Revue passieren lassen. Der Nerv, das Rückenmark und das Gehirn sind ebenso viele abgestufte Werkzeuge der Übertragung zwischen Muskel und Willensvermögen.

Das Gehirn mit seinen motorischen Zentren kann einem Klavier verglichen werden, in dem jede Taste einer bestimmten Muskelgruppe entsprechen würde; der Wille schlüge sie mit mehr oder weniger Kraft an, je nachdem er eine größere oder geringere Muskelkraft aufwenden will.

Wie aber vollzieht sich die Wirkung des Willens, eines seelischen Vermögens auf eine materielle Substanz, wie die graue Substanz der Hirnwindungen? Mit dieser Frage berühren wir ein

Problem, das auf der Grenze zwischen der Physik und Metaphysik liegt und noch keineswegs als enträtselt gelten kann. Wie es sich damit aber auch verhalten mag, jedenfalls ist der Wille einer der wichtigsten Faktoren bei der Ausführung der Bewegungen, eine der wirksamsten Kräfte, die bei der Muskelarbeit ins Spiel treten.

Der Muskel ist mit einer Bewegungskraft versehen, bedarf aber eines fremden Einflusses, um diese Kraft in Aktion zu bringen.

So besitzt auch der Bogen seine eigene Energie, die fähig ist, den Pfeil zu entsenden; aber ein Bogenschütze muß da sein, um die elastische Kraft seines Holzes ins Spiel zu bringen. — Der Wille spielt dieselbe Rolle bei der Muskeltätigkeit, wie der Arm des Schützen, der den Bogen spannt und den Pfeil abschießt. Der Wille ist der Erreger der Bewegung und diese vollzieht sich immer mit einer Kraft, die derjenigen ihres Erregers proportional ist. Ein Muskel wird schlaff bleiben, wenn man ihn mit Hülfe eines zu schwachen elektrischen Stromes anzuspannen versucht; er wird ebenso unfähig zur Arbeit bleiben, wenn er von einem nicht genügend energischen Willen erregt wird. Sieht man nicht die stärksten Menschen sofort alle ihre Muskelkraft verlieren, wenn ihr Wille durch eine herabstimmende Gemütsbewegung, z. B. durch Furcht, gelähmt wird? — Umgekehrt steigert ein aufregender Affekt, z. B. der Zorn, die Muskelkraft, weil er den Willen anstachelt.

So erklären sich die oft so verschiedenen Arbeitsleistungen zweier Personen von gleichen Muskelkräften. Der eine, besser veranlagt vom Standpunkte des Willens, nötigt seinen Muskeln Kraftaufwendungen ab, die der andere gewissermaßen schlummern läßt.

Der Wille hat ebensowenig einen unmittelbaren Angriffspunkt am Muskel wie am Rückenmark und am motorischen Nerven. Unmittelbar kann er nur die graue Substanz der Hirnwindungen beeinflussen. Er ist unfähig, die Muskelfasern ohne Vermittlung des Gehirns zu spannen, letzteres ist das einzige Organ, zu dem er in unmittelbarer Beziehung steht.

Das Gehirn ist also ein unentbehrliches Werkzeug für die Aus-

führung willkürlicher Bewegungen nicht minder wie für die Verrichtung geistiger Arbeiten, und es ist falsch, ausschließlich die sog. geistigen Beschäftigungen durch das Privilegium auszuzeichnen, sich dieses Organs zu bedienen. Die Körperbewegungen fordern seine Mitwirkung in allen Fällen, in denen sie den Einfluß des Willens voraussetzen.

Durch welchen Mechanismus wird nun der Befehl des Willens dem Muskel übermittelt, durch die Leitungsfasern des Gehirns, des Rückenmarks und der Nerven? Man nimmt zurzeit an, daß der Willensakt oder die Wollung eine molekulare Erschütterung der Zellen der grauen Substanz veranlaßt und daß diese Erschütterung, in dem sie sich durch die Fäden der motorischen Nerven fortpflanzt, durch deren Vermittlung sich schließlich den Muskelfasern mitteilt. Diese Bewegung hat man mit einer Welle verglichen, die sich auf der Oberfläche eines ruhigen Gewässers bildet, welche allmählich die ganze Oberfläche der Flüssigkeit ergreift, sobald ein einzelner Punkt derselben durch einen Stoß erschüttert worden ist.

Die Erregung einer Wellenbewegung hat bislang in der Gehirnsubstanz stofflich nicht nachgewiesen werden können, ebensowenig im Rückenmark und in den Nerven: für diese Organe bleibt sie einstweilen eine freilich sehr wahrscheinliche Hypothese.

Dagegen hat man sie bei Muskeln sehr deutlich beobachten können. „Man hat bei noch lebenden Muskeln beobachtet, daß an Punkten, wo man sie reizt, sich Vorsprünge und Knoten bilden, die dann über den ganzen Muskel hinlaufen wie eine Welle auf der Oberfläche des Wassers“[1].

Mit Hülfe von sinnreich ausgedachten Registrierapparaten hat Marey es verstanden, die Muskelwelle graphisch zu veranschaulichen. Aeby hatte schon im Jahre 1862 an einem lebenden Tiere die Schwellung des Reizpunktes nachgewiesen, die sich mit der Schnelligkeit von ungefähr 1 m in der Sekunde nach den Enden des Muskels fortpflanzt.

Jeder auf den Muskel ausgeübte Reiz übt auf dieses Organ eine Erschütterung aus, die sich durch eine Muskelwelle fortpflanzt. Wenn die Reize schnell aufeinander folgen, kann es

[1] Marey, La machine animale. Paris, Bibl. Scient. Intern.

vorkommen, daß die erste Wellenschwingung noch fortdauert, in dem Augenblick, wo die zweite entsteht. Dann sieht man beide Schwellungen auf dem erregten Muskel, eine hinter der anderen, verlaufen. Wenn aber die Reizungen sich mit großer Schnelligkeit wiederholen, so verfließen die Muskelwellen derart, daß der ganze Muskel von einer einzigen Schwellung in Anspruch genommen zu sein scheint. Dann befindet sich dieser im Zustande gleichförmiger Schwellung und Verkürzung: im Zustande der *Kontraktion.*

Zwischen dem Augenblick, in dem der Wille eine Kontraktion befiehlt, und demjenigen, in dem der Muskel sich spannt, verfließt immer eine meßbare Zeit. Diese Zeit wird von verschiedenen physiologischen Akten ausgefüllt, in erster Linie durch die Übertragung der Nervenschwingung. Die Erschütterung, die von den Hirnzellen ausgeht, gelangt nicht augenblicklich zum Muskel; sie muß erst die Fasern der weißen Hirnsubstanz durchschreiten, dann das Rückenmark, schließlich die ganze Länge des Nervenfadens, der sie auf die Muskelfaser überträgt. Die Länge dieses Weges läßt sich in Zentimetern abmessen und man weiß nach Untersuchungen von Helmholz, daß die Nervenschwingung sich mit einer Schnelligkeit von ungefähr 35 m in der Sekunde fortpflanzt. Es ist danach leicht abzuschätzen, wie viele $^1/_{100}$ Sekunden beispielsweise zwischen dem Augenblick vergehen, in dem ein Mensch seinen Fuß bewegen will, und demjenigen, in dem er ihn bewegt.

Wenn man aber eine solche Rechnung exakt anstellt und ihre Resultate der unmittelbaren Beobachtung vergleicht, so bemerkt man eine noch größere Verzögerung der Muskelkontraktion. Ein meßbarer Zwischenraum trennt den Augenblick, in dem der Willensbefehl im Muskel anlangt, von demjenigen, wo letzterer durch eine Bewegung antwortet.

Dieser Zeitraum, während dessen der gereizte Muskel noch nicht in Kontraktion getreten ist, heißt *verlorene Zeit* oder *Zeitraum der latenten Kontraktion.*

Der Zeitraum der latenten Kontraktion ist nicht immer von derselben Dauer. Viele Umstände vermögen diese Dauer zu verändern, aber Intensität der vom Muskel erhaltenen Erregung

ist die wirksamste Bedingung, die *verlorene Zeit*, zu verkürzen. Einer schwachen Erregung folgt der Muskel langsam und faul; einer starken Erschütterung folgt im Gegenteil eine schnelle Kontraktion.

Es ist ein von Helmholz aufgestelltes physiologisches Gesetz, daß *die Länge der verlorenen Zeit im umgekehrten Verhältnis zur Intensität der vom Muskel empfangenen Erregung steht.*

Wenn der Wille dem Muskel zu handeln befiehlt, so gehorcht dieser um so schneller, als sich der Befehl in einer stärkeren Erschütterung der Nervensubstanz ausdrückt.

Wir werden später sehen, wie wir diese physiologischen Tatsachen verwerten können, um den großen Verlust an Nervenkraft zu erklären, den gewisse Übungen verursachen, die übrigens nur eine mittelmäßige Ausgabe von Muskelkraft darstellen, die aber von den Muskeln ein sofortiges Gehorchen auf den Befehl des Willens verlangen: wie z. B. das Fechten.

II. DIE BEWEGUNGEN

Zusammenwirken der verschiedenen Regionen während der Arbeit · Wie ein Faustschlag ausgeführt wird · Die Koordination der Bewegungen; die entgegenwirkenden Muskeln; der Muskelsinn · Ataxie · Die statische Kontraktion · Die Steifheit in der Übung · Die Erziehung der Muskeln · Verknüpfung der organischen Hauptfunktionen mit den Bewegungen der Muskeln · Die Anstrengung · Der Lastträger und seine Last · Die Anstrengung bei schwachen Kraftaufwendungen: — eine zu harte Nuß · Häufigkeit der Anstrengung bei der Übung · Der Dauerlauf und der Schnellauf · Einfluß der Bewegungen auf den Blutumlauf · Die Beschleunigung des Pulsschlages; sein Mechanismus · Die Lungenzirkulation und der lebhafte Blutandrang zur Lunge · Der Blutandrang zum Gehirn infolge der Bewegung · Die Drehderwische · Das durchgehende Pferd

Die Ausführung der geringsten Bewegung durch die menschliche Maschine fordert das Insspieltreten eines großen Teiles ihres Räderwerks. Wenn ein Muskel sich zusammenzieht, so treten immer die benachbarten, oft sogar auch sehr entfernte Muskeln mit ihm in Tätigkeit und beteiligen sich an seiner Arbeit.

Analysieren wir, was bei einer möglichst einfachen Bewegung vor sich geht!

Um den Vorderarm bewegen zu können, muß der Arm befestigt sein, um ihm einen Stützpunkt zu geben. Der Arm selbst muß an der Schulter befestigt sein, die Schulter an der Wirbelsäule und am Brustkasten. Da aber der Brustkasten und die Wirbelsäule durch das Becken getragen werden und dieses wieder von den unteren Gliedmaßen, so ist der ganze Körper genötigt, sich bei einer Bewegung des Vorderarms zu beteiligen. — Vom Kopf bis zu den Füßen nehmen alle Muskeln an der unbedeutendsten und lokalisiertesten Arbeit teil.

Die geringste Bewegung strebt danach, den Schwerpunkt des Körpers zu verlegen. Während der Arbeit der Glieder schwankt die Wirbelsäule, eine lange aus Knochen bestehende Säule, die die Achse des Körpers bildet, wie ein Wagebalken nach rechts

oder links, nach vorn oder hinten, um die Verlegung auszugleichen, die durch die Last, welche man hebt, oder durch die Bewegung, die man ausführt, verursacht wird.

Die unteren Gliedmaßen beteiligen sich fast immer an den Bewegungen der oberen, und in sehr vielen Fällen erhält der Mensch in Wirklichkeit aus seinen Beinen die Kraft, die aus den Armen zu kommen scheint.

— „Als ich noch meine beiden Beine hatte, sagte ein Zuave, konnte ich fürchterliche Faustschläge austeilen.“ — Und der Zuave hatte recht. Ein tüchtiger Faustschlag wird durch den ganzen Körper unterstützt. Die Anstrengung, welche die geschlossene Hand nach vorn wirft, beginnt mit der Anspannung der Kniekehle, geht auf den Schenkel über, der den Rumpf in die Richtung des zu gebenden Schlages vorwirft; die Muskeln des Kreuzes übertragen die Bewegung auf den Brustkasten, die Muskeln des Brustkastens auf die Schulter und diese peitscht ihrerseits den Vorderarm und die Faust an, indem sie ihnen die Summe der Kraft mitteilt, zu welcher der ganze Körper einen Beitrag liefert.

So kann jede Muskelbewegung sehr weit von dem Punkte aus entspringen, wo sie lokalisiert zu sein scheint. Hieraus folgt, daß eine Übung oft sehr deutliche Wirkungen in Körperteilen hervorruft, wo man kaum daran denken würde, sie zu suchen.

Die Muskeln eines und desselben Gliedes wirken fast immer alle zur gleichen Zeit zur Ausführung einer Bewegung mit, und dennoch hat in demselben Gliede die eine Hälfte der Muskeln im allgemeinen genau die entgegengesetzte Tätigkeit der anderen Hälfte. Am Vorderarm haben die Muskeln der Vorderseite die Tätigkeit, die Finger zu beugen und die Faust zu schließen: es sind die Beugemuskeln. Die Muskeln der Rückseite sind die Streckmuskeln und streben die Hand zu öffnen. Aus diesem Grunde sagt man, daß die einen Muskeln die Antagonisten der anderen sind.

Bei der Ausführung einer Bewegung arbeitet ein Muskel nie, ohne daß gleichzeitig sein Antagonist (sein Gegenpart) in Kontraktion tritt, um ihm sozusagen eine gewisse Belastung und

Kontrolle zu erteilen. Dieser Widerstand ist notwendig, um die Bewegung zu leiten und richtig auszuführen.

Wenn zwei Menschen einen Handwagen auf einem abschüssigen Wege fahren und der eine sich vorgespannt hat, um ihn zu ziehen, der andere hinten geht, um zu bremsen, so kann man sagen, daß die Tätigkeit des ersteren sich antagonistisch (entgegenwirkend) zu derjenigen des letzteren verhält. Ihre in einem entgegengesetzten Sinne aufgewandten Kräfte werden kombiniert, so daß der Wagen nicht zu langsam, aber auch nicht zu schnell fortrollt und seinen regelmäßigen Gang behält. Ebenso regulieren zwei antagonistisch tätige Muskeln einer den anderen; wenn sie ihre Widerstände in einem richtigen Maße halten, so werden die Bewegungen genau und wohl koordiniert.

Die Koordination der Bewegungen vervollkommnet sich durch Übung, aber für gewisse natürliche Tätigkeiten ist sie oft instinktiv und von Geburt an vollkommen. Ein Kücken, das eben erst aus dem Ei gekrochen ist, erreicht schon mit dem ersten Schnabelhieb das Körnchen, das es erblickt, und ein Säugling braucht nicht erst tastende Versuche zu machen, um das zum Saugen erforderliche richtige Maß der Zusammenziehung der Lippen und der Zunge zu treffen.

Die Bewegungen mancher Körperübung setzen aber oft eine sehr lange Lehrzeit voraus. Langwierige Übungen muß der Pianist machen, um dazu zu gelangen, die gewollte Taste mit derselben Geschicklichkeit zu treffen, mit der das Kücken sein Hirsekörnchen trifft. Wir verdanken es dem *Muskelgefühl*, daß wir unsere antagonistischen Muskeln dazu erziehen können, nach längeren oder kürzeren Proben sich in vollkommenen Einklang zu setzen.

Das Muskelgefühl besteht in der Empfindung des Kraftmaßes, mit dem ein Muskel sich anspannt, und der Richtung, in der er es tut. Vermöge des Muskelsinns können wir die Hand oder den Fuß genau an die Stelle bringen, die wir zu berühren beabsichtigen. Dieser Sinn leitet uns unabhängig vom Gesichtssinn und setzt uns in den Stand, Gegenstände, deren Lage wir kennen, mit geschlossenen Augen zu erreichen, z. B. verschiedene Stellen unseres Körpers.

Es gibt eine Krankheit, die sich durch Zerstörung des Muskelsinns und Mangel der Bewegungskoordination kennzeichnet — man nennt sie „lokomotorische Ataxie".

Der davon Ergriffene vermag es nicht, seinen Muskeln einen Antrieb zu erteilen, wie er der gewünschten Bewegung konform ist; will er einen Gegenstand sanft anfassen, so streckt er entweder die Hand zu weit aus oder stößt zu heftig und wirft den Gegenstand um; will er einige Schritte machen, so hebt er die Beine zu heftig nach vorn oder zu sehr seitwärts oder zu hoch. Es macht eher den Eindruck, daß er jemanden mit dem Fuße stoßen, als daß er gehen will.

Ein gewandter Mensch kann durch Übung seines Muskelsinns zu staunenswerten Ergebnissen kommen. Die Geschicklichkeit der Jongleure und Equilibristen beruht lediglich auf der Ausbildung dieses Sinnes und der Erziehung des antagonistischen Muskelsystems.

Bei allen Körperübungen spielen die antagonistischen Muskeln eine bedeutende Rolle, und gewisse Tatsachen der Ermüdung bleiben unverständlich, wenn man sich davon keine Rechenschaft gibt. In demselben Grade, in dem die antagonistischen Muskeln die Bewegung erleichtern, wenn ihre Aktion genau und angemessen ist, können sie, wenn sie übertrieben oder ungeschickt arbeiten, sich gegenseitig hemmen und die Arbeit erschweren.

Angenommen, die Beuge- und die Streckmuskeln des Armes träten mit gleicher Energie in Spannung, so würde das durch zwei gleiche Kräfte in zwei entgegengesetzte Richtungen gezogene Glied unbeweglich bleiben. Diese Unbeweglichkeit ist aber, wie leicht zu begreifen, durchaus verschieden vom Zustande der Ruhe. Es ist ein Zustand der Spannung oder *statischen* Kontraktion, so genannt im Gegensatz zu der *dynamischen* Kontraktion, welche die Bewegungen begleitet. Man kann beweisen, daß die statische Kontraktion der Muskeln mehr ermüdet und die Temperatur der Muskeln mehr steigert, als die dynamische.

Die gewöhnliche Bezeichnung für die statische Kontraktion ist *Steifheit.* Die Steifheit der Bewegungen bei Körperübungen

wird durch übertriebene und ungeschickte Kontraktionen der antagonistischen Muskeln verursacht. Dies ist der Fehler aller Anfänger und kennzeichnet die Unerfahrenheit bei einer Geschicklichkeitsarbeit. „Nicht so steife Finger“ — sagt man zum jungen Klavierspieler. „Mehr Geschmeidigkeit im Handgelenk,“ wiederholt der Fechtmeister gar oft bei der Ausbildung seines Schülers. Man fordert Schmiegsamkeit vom Reiter und verbietet dem Ruderer, sich zu stark „dreinzulegen“.

Bei jeder Körperübung wendet der Neuling doppelt oder dreifach mehr Arbeit auf, als nötig ist. Die Schwierigkeit besteht eben darin, die richtige Quantität der erforderlichen Arbeit in den angemessenen „Dosen“ abzugeben, und der Arzt, der in Leibesübungen zu Rate gezogen wird, sollte vor allem die Erziehung des Muskelsinns seines Patienten dabei in Anschlag bringen.

Man muß die Körperübungen selber praktisch ausgeübt haben, um sich von der Arbeitsersparnis Rechenschaft geben zu können, die sich aus richtiger Koordination der Bewegungen ergibt. Die Ausgabe an Muskelkraft läßt sich nicht nur bei sog. Gewandtheitsleistungen einschränken, sie läßt sich auch verringern bei solchen Übungen, wo es nur auf rohe Kraft anzukommen scheint, z. B. bei der Hebung von Gewichten.

Alle Bewegungen fordern Lehrzeit, da, wie wir schon zu Anfang sagten, isolierte Bewegungen nicht vorkommen. Ein Glied hilft dem anderen, und die Haltung des Körpers erleichtert oder erschwert das Spiel der Arme und der Beine.

Damit alle Teile, die zur Ausführung einer Bewegung mitwirken, daran einen wirklich nützlichen Anteil nehmen, ist eine Schulung nötig, die jeden Muskel in die ihm zukommende Rolle einübt. Der Wille führt das Kommando über eine ganze Anzahl von Mitspielern, deren Gesamtspiel auf den ersten Anlauf nicht leicht zu beherrschen ist. Der Mensch, der seine Muskeln übt, gleicht einem General, der seine Truppen manöverieren läßt, um sie im Ernstfalle in der Hand zu haben.

So erklärt sich die anscheinende Verstärkung der Muskelkraft infolge bestimmter Übungen. Sicherlich findet eine wirkliche Verstärkung statt in dem Muskel, der täglich arbeitet, aber oft

scheint diese Stärkung so plötzlich zu sein, daß man in Verlegenheit kommt, sie zu erklären, wenn man nicht zugleich an die Mitwirkung der Erziehung — wir wollen sagen der Dressur der Muskeln — denkt.

II

Wenn ein Mann eine schwere Last vom Boden hebt, sieht man seine Atmung in Stocken geraten, das Antlitz sich röten, die Hals- und Stirnadern sich schwellen. Man könnte sagen, daß in dem Augenblick, wo sich seine ganze Körperkraft entfaltet, ein unsichtbares Band ihm den Hals zuziehe und gleichzeitig die Luftzirkulation in den Lungen und den Lauf des Blutes in den Adern einengt.

Die Erscheinungen, welche einen sehr energischen Muskelakt begleiten, ähneln in der Tat sehr denjenigen, die mit einem auf den Hals ausgeübten Druck und dem Anfang der Strangulation verbunden sind. Allemal, wenn man eine Anstrengung macht, schließen sich die Luftwege und werden die Gefäße der Brust eingeengt.

Der Lastträger, der eine Last auf seine Schultern heben will, ergreift sie zuerst und hält dann, bevor er sie vom Boden hebt, einen kurzen Augenblick an, wie um sich zur Bewegung vorzubereiten. Diese Pause wird zu wichtigen Präliminarien benutzt.

Vor Ausführung der Bewegung muß ein tiefer Atemzug gemacht werden. Die Luft wird in großer Quantität in die Lunge eingezogen, und der Kehlkopf schließt sich sofort, um sie am Ausgang zu hindern. Der Brustkasten erweitert sich. Die Rippen finden sich so im Ausdehnungszustande und hochgehoben, aber in derselben Zeit vollzieht sich eine energische Zusammenziehung der Unterleibsmuskeln, welche sie nach unten zu ziehen sucht. Die Luft, welche die Lungen anschwellt, wird somit einer kräftigen Pression unterworfen, und die Wände des Brustkastens einerseits nach oben geschoben, anderseits nach unten gezogen werden, durch die gleichzeitige Aktion zweier in umgekehrter Richtung wirkender Kräfte gespannt.

Die Spannung der Brustkastenwände ist der Zweck einer Art von Kampf zwischen den antagonistischen Kräften der

Atmung, welche letztere die Ausatmungsmuskeln den Einatmungsmuskeln entgegensetzt, und dies nennt man in der Physiologie die Anspannung. Die Rippen, welche momentan unbeweglich geworden sind, können jetzt einen festen und soliden Stützpunkt für alle Muskeln bieten, die mit ihnen verknüpft sind, und besonders für die großen Muskelmassen, die die Arme bewegen, die Wirbelsäule und das Becken; diese Muskeln treten dann energisch ins Spiel, und die Last wird gehoben.

Sobald der Muskelakt vollendet ist, wird die Brust entspannt. Die Luft, die darin zurückgehalten wurde, wird plötzlich wieder ausgestoßen, was eine Art von heftigem Seufzer hervorruft, der das Ende der Anstrengung bezeichnet.

Die Anstrengung ist ein physiologischer Akt, der eine große Anzahl Muskeln und Knochen eng zusammenschließt, um sie für dieselbe Bewegung mitwirken zu lassen, und der überdies gewaltsam an die Muskelarbeit zwei große Funktionen der Leibesökomonie anknüpft: die Respiration und die Zirkulation. Man betrachtet die Anstrengung gemeinhin als ein Phänomen, das eng mit sehr großer Kraftentwicklung verknüpft ist. Gleichwohl gibt es auch Fälle, in welchen die bewirkte Arbeitsleistung sehr schwach ist. Die Hauptbedingung für die Erzeugung der Anstrengung ist die Notwendigkeit, der Kontraktion einer Muskelgruppe die ganze Kraft zu verleihen, deren die Gruppe fähig ist.

Jedesmal, wenn ein Mensch bei einem Muskelakt, sei derselbe auch noch so lokalisiert, die ganze ihm mögliche Energie aufwendet, sieht man, daß dieser Akt von einer Reihe von physiologischen Tatsachen begleitet wird, deren Endergebnis die Suspension der Atembewegung ist. Man betrachte einen Mann, der in seiner Hand mit aller Kraft eine Nuß drückt, um sie zu zerbrechen. Wenn seine Finger sehr kräftig sind und die Schale wenig Widerstand leistet, so beschränkt sich die Muskelkontraktion auf den Vorderarm, und in der normalen Tätigkeit der übrigen Organe tritt keine Änderung ein. Der Gesichtsausdruck bleibt ruhig, und die Atemzüge werden nicht erregt: die Nuß wird ohne Anstrengung zerbrochen. Aber wenn die Schale hart ist und der Mensch seine ganze Kraft zu Hülfe nimmt, sieht man,

wie die Muskelkontraktion zunächst sich über den ganzen Arm ausdehnt, dann auch über die Schulter, und schließlich den Hals, die Brust, den Bauch in Anspruch nimmt.

Der Atem wird angehalten, das Antlitz rötet sich, die Stirn- und Halsadern schwellen an und treten hervor; und wenn die Nuß endlich zerknackt wird, vernimmt man ein Seufzen ähnlich demjenigen des Lastträgers, der eine Last vom Boden gehoben hat.

Man wird auf den ersten Blick überrascht sein, daß ein Akt, bei dem die Beugemuskeln der Finger schließlich die einzigen Muskeln sind, die unmittelbar in Frage kommen, die Anspannung so sehr entfernter Muskeln herausfordert, und nicht sogleich begreifen, daß man, bloß um die Hand mit aller möglichen Energie zu schließen, sogar die Bauchmuskeln anspannen muß.

Dies kommt daher, daß der Körper aus einer Vielheit von beweglichen Stücken besteht, und daß ein Muskel seine ganze Spannkraft nur entwickeln kann, wenn eins seiner Enden sich auf einen festen Punkt stützen kann. Man muß daher, wenn man den Vorderarm stemmen will, diesen gegen die Schulter stützen, letztere wieder auf den Brustkasten und den Brustkasten selbst auf das Becken. Nun kann aber dies Ergebnis nur erreicht werden, wenn man eine große Menge Luft in der Lunge zurückhält; denn die von gepreßter Luft geschwollene Lunge ist der einzige feste Stützpunkt für die beweglichen Knochenteile des Thorax. Die luftgefüllte Lunge bildet eine Art von Kissen, auf das sich die Muskeln des Bauches stützen, indem sie die Rippen stark nach unten ziehen. So kommt es, daß durch eine Verkettung sukzessiver Muskelkontraktionen auch solche Bewegungen, die im äußersten Teil eines Gliedes lokalisiert sind, die Mitwirkung der Bauch- und Rippenmuskeln fordern und schließlich die Kompression der Lunge und der Brust- und Unterleibsorgane bedingen, mit einem Worte sämtlich Resultate der Anstrengungen.

Die Anstrengung, dieses zusammengesetzte Phänomen, das die großen organischen Funktionen des Organismus mit den räumlich beschränktesten Muskelarten verknüpft, entspringt also aus der Unmöglichkeit, einen Knochen unserer Gliedmaßen

zu fixieren, ohne daß zugleich alle Knochen, die den Rumpf zusammensetzen, vollständig unbeweglich gemacht werden. Ihr Zweck ist, aus dem Thorax, dem Hals und dem Becken ein steifes und festes Ganzes zu bilden, das Gliedersystem, welches den Rumpf bildet, sozusagen zu einem einzigen Stücke zusammenzuschweißen.

Eine tiefe Erregung ergreift den Organismus während der Anstrengung, denn dieser Akt hindert gleichzeitig die Respiration und Zirkulation. Die Lunge dient den Rippen als Stützpunkt und erfährt nun eine Pression, die im Verhältnis zur Intensität der Arbeit steht. Das erste Ergebnis dieser energischen Pression ist die Ausdehnung der mit Luft sich füllenden Lungenzellen. Daher die Möglichkeit von Zerreißungen ihrer Wände. Aber die Lunge selbst überträgt den Druck, den sie erleidet, auf die ihr benachbarten Organe, die großen Gefäße, das Herz. Das Blut wird in die hohlen Venen zurückgetrieben und fließt in die peripherischen Adern ein, welche anschwellen und an Hals und Stirn hervorspringen. Die Kapillargefäße werden mit Blut gestaut, und die Zirkulation in den Organen, dem Gehirn, der Lunge wird momentan unterbrochen.

Die großen Arterien und das Herz selbst unterliegen ebenfalls dem Einfluß der Anstrengung. Das Kaliber der Aorta kann momentan sehr verringert werden, und die Herzschläge können infolgedessen für einen Augenblick eingestellt werden. Die Stokkung des Bluts wird auch während der Dauer der Anstrengung in den Venen und Arterien immer größer. Man sieht auch häufig bei verlängerten Anstrengungen Zerreißung von Blutgefäßen eintreten, manchmal sogar von Venen größeren Kalibers. Selbst bei den mäßigsten Anstrengungen ist eine Stauung des Blutes und eine passive momentane Kongestion der inneren Organe nicht zu umgehen.

III

Der Mechanismus der Anstrengung hat uns gezeigt, wie schwer es ist für die großen organischen Funktionen, sich von der Arbeit der Muskeln zu isolieren, wenn diese sich mit großer Energie zusammenziehen. Aber es ist nicht nötig, daß die Arbeit sehr

intensiv sei und daß es sich um eine Anstrengung handle, um die ganze Lebenstätigkeit dem Einfluß der Muskelkontraktion zu unterwerfen. Wir werden sehen, daß die Muskeltätigkeit immer bedeutende Veränderungen in den Verrichtungen der großen Apparate des Organismus nach sich zieht, wie sehr auch der Muskelakt gemäßigt werden möge.

Wenn man den Blutumlauf in den Arterien eines arbeitenden Muskels studiert, so kann man feststellen, daß die Flüssigkeit in demselben mit größerer Lebhaftigkeit zirkuliert als im Moment der Ruhe. Dies Ergebnis ist zu beobachten, wenn die geleistete Arbeit auch noch so gering ist und der tätige Muskel noch so klein an Umfang.

Wenn man z. B. einen besonderen Registrierapparat an die Hauptarterie des Kaumuskels eines Pferdes anbringt, der die Schnelligkeit des Blutumlaufs in verschiedenen Momenten darstellt, so bemerkt man eine deutliche Beschleunigung des Blutstroms in dem Augenblick, wo das Tier den Muskel — beispielsweise um Hafer zu kauen — in Tätigkeit setzt. Es handelt sich um einen erheblichen Zufluß des Blutes zum arbeitenden Organ, und das „Debit" seiner Nahrungsarterie wird erhöht.

Aber hierauf beschränkt sich nicht alles. Die konstatierte Beschleunigung in der Gefäßregion, die den Muskel mit Blut versorgt, verbreitet sich bald mehr und mehr zu den großen Gefäßen bis zum Herzen und in den ganzen Baum des Adersystems. Nach Verlauf einiger Minuten zirkuliert das Blut in allen Arterien, selbst in den entferntesten des Kopfes mit derselben Schnelligkeit, wie in denjenigen der Kinnlade, und schließlich führen die so begrenzten Bewegungen der Kautätigkeit eine Vermehrung der Pulsschläge herbei. Man begreift, wie dieses Resultat sich viel schneller und intensiver ergeben muß, sobald die Bewegung, anstatt sich auf eine kleine Gruppe von kontraktilen Fasern zu beschränken, sich über mächtige Massen der Muskulatur ausdehnt, wie dies bei anstrengenden Übungen der Fall ist.

Die Pulsbeschleunigung während der Arbeit ist das Resultat einer Art von Blutzustrom zu den Muskeln, welche sich kontrahieren. Es ist ein Lebensgesetz, daß jedes Organ in Tätigkeit eine größere Quantität der Ernährungsflüssigkeit an sich zieht, als

im Zustand der Ruhe. Man hat die Wahrheit dieses Gesetzes selbst in den ausscheidenden Organen konstatiert. Wir können uns nicht auf eine genaue Erklärung dieses Phänomens einlassen; wir beschränken uns darauf, festzustellen, daß es allgemein ist und daß jede Reizung einer Lebensfunktion die Ursache einer Blutzufuhr nach dem Organ wird, das in Tätigkeit tritt. — Ubi stimulus, ibi fluxus. — Dies ist eine Formel, welche die Tatsache ausdrückt, ohne sie zu erklären.

So zieht die durch einen Nerveneinfluß auf die kontraktile Faser hervorgebrachte Reizung dem Muskel eine größere Blutmenge zu, und um ihm diesen Zuschuß an Flüssigkeit zu beschaffen, wird die Blutmenge mit größerer Schnelligkeit zu dem gereizten Element hingezogen. Die Beschleunigung des Pulses ist ein physiologisches Phänomen und nicht, wie man auf den ersten Blick glauben könnte, ein bloß mechanisches Faktum. Es ist nämlich nicht der Druck der geschwollenen Muskeln, der durch seine Kontraktion die Zirkulation in den Arterien bewirkt, sondern vielmehr eine Art von Aspiration, welche die nach Blutflüssigkeit begieriger gewordenen Muskeln ausüben.

Diese Erklärung wird durch die Angaben bestätigt, die der mit einer Arterie in Verbindung gesetzte Manometer gibt. Das Instrument zeigt eine Verminderung der Spannung im Gefäß im Augenblick der Arbeit an (Chauvin, Comptes rendus de l'Académie des sciences 1857). Die Pression würde im Gegenteil gesteigert erscheinen, wenn die Beschleunigung einem Rückstau des Blutes durch die Muskeln zuzuschreiben wäre.

Die Muskelkontraktion kann jedoch als eine mechanische Ursache angesehen werden, die geeignet ist, den Blutlauf in den Venen und Kapillargefäßen zu beschleunigen. Die Pression, die von der Muskelschwellung, kann somit ebenfalls ein Faktor der Beschleunigung des Blutstroms während der Arbeit werden; sie bildet aber jedenfalls nur einen akzessorischen Faktor. Welches auch die Ursachen seien, die Beschleunigung des Blutumlaufs während der Übung ist eine feststehende Tatsache. Demnach steht auch fest, daß die Organe in dieser Zeit von einer größeren Menge dieser Flüssigkeit durchrieselt werden. Im Verlauf einer

Kraftübung findet eine aktive Kongestion aller Organe statt; daher ein intensives Funktionieren.

Es wird nicht uninteressant sein, die Wirkungen dieser aktiven Kongestion, die jede sehr energische Bewegung begleitet, an der Hand der Tatsachen zu studieren. Diese aktive Kongestion ist die tatsächlich nützliche Periode der Leibesübungen, diejenige, der man die kräftigende Wirkung derselben zu verdanken hat. Ein Mensch, der sich in dieser Periode der Mehrtätigkeit aller seiner Organe befindet, genießt den Vorteil einer beträchtlichen Vermehrung seiner sämtlichen ernährenden Kräfte. Alle seine Organe und alle Gewebe seines Körpers sind der Sitz einer aktiven Zirkulation, und wir wissen, daß die Ernährung eines Organs im Verhältnis zu der Blutmenge steht, die ihm zuströmt.

Unter dem Einfluß der größeren Menge von Blutflüssigkeit, die die Lunge durchströmt, steigert dieses Organ, das mit dem Herzen solidarisch ist, seine Tätigkeit, um dem Haushalt eine größere Luftmenge zuzuführen. Die Verbrennungsvorgänge des Lebens werden dank diesem Zuwachs an Sauerstoff energischer und vollständiger. — Wenn man uns ein alltägliches Gleichnis gestatten will, so steigert die Übung die Intensität der Verbrennungsprozesse des Lebens ähnlich, wie der Schieber vor einem Kamin, wenn er herabgelassen wird, durch Verstärkung der Zugluft die Verbrennung des Holzes auf der Herdplatte steigert.

Die Dauer dieser heilsamen Periode der Übung ist individuell sehr verschieden. Bei manchen ist eine erhebliche Muskelarbeit erforderlich, um dieses Erblühen der Lebenskraft infolge der aktiven Kongestion zu erzielen: dies sind die starken und an Leibesübung gewöhnten Naturen. Für schwache Naturen, für Personen, die an völlige Untätigkeit gewöhnt sind, d. h. an Untätigkeit ihres Muskelsystems, erzielt die geringste Bewegung, der kleinste Spaziergang, diese Resultate. Der Stubenmensch z. B. nennt das Billardspiel eine Übung; für den Faustkämpfer dagegen, der sich für einen Boxerwettkampf trainiert, bildet die Übung mit Hanteln ein Spiel, das ihn ohne Ermüdung zerstreut. Vielleicht der interessanteste Effekt dieser aktiven Kongestion der Organe unter dem Einfluß der Muskelarbeit ist derjenige,

den sie auf das Gehirn ausübt. Alle Denker haben bemerkt, daß körperliche Übung die Gehirnarbeit begünstigt. Die Peripatetiker diskutierten im Gehen und fanden ihre Argumente leichter, wenn der Körper durch den Spaziergang erwärmt wurde. — Der Marsch und die Bewegung, sagt J. J. Rousseau, begünstigen das Spiel des Gehirns und die Denkarbeit.

Die Erregung des Gehirns unter dem Einfluß der durch Muskelarbeit bestimmten aktiven Kongestion kann sehr weit gehen. Man kann sich berauschen durch Bewegung, und bei gewissen, sei es durch die Geburt oder durch exaltierte Ideen oder durch Leidenschaften dafür prädisponierten Köpfen bildet die Muskeltätigkeit auch das Vorspiel zu Handlungen, die solchen gleichen, die durch Trunkenheit oder selbst Wahnsinn ausgelöst werden. Die Tänze der Wilden, die Verrenkungen der Drehderwische führen ohne Hülfe eines alkoholischen Getränkes einen Zustand der Hirnüberreizung mit sich, der fähig ist, die heftigsten nervösen Phänomene hervorzurufen.

Man erzählt, daß unsere gallischen Vorfahren mitten in der Aufregung einer Schlacht von einer Art Rausch erfaßt wurden, der sie wahnsinnig und für Verwundungen empfindungslos machte.

Ohne bis zur Trunkenheit zu gehen, erzeugt die Körperübung bei allen eine leichte Aufregung, eine Art von „en train". Das junge Mädchen, das tanzt, bringt sich „en train" und könnte Tag und Nacht so zubringen, ohne müde zu werden: eine Viertelstunde Walzer versetzt es in denselben Zustand wie ein Glas Champagner. Das lebhafte Pferd gelangt schon bei einem leichten Galopptempo „en train" und feuert sich selbst oft so stark an, daß es in eine Art von Schwindel gerät und *durchgeht.*

Alle diese Tatsachen sind das Resultat einer leichten Hirnkongestion. Die sichtbaren Wirkungen der Übung auf das Individuum sind übrigens denjenigen ähnlich, welche der Alkohol erzeugt: dieselbe gerötete Gesichtsfarbe, dieselben glänzenden Augen, dasselbe lebhafte Benehmen.

Die Übung hat einen anregenden Einfluß auf sämtliche Organfunktionen, weil sie den Blutumlauf in allen Organen beschleunigt. Das Blut überträgt den Reiz, den der Wille den Mus-

keln übermittelt, um sie in Bewegung zu setzen, auf alle Punkte des Lebenshaushalts, und diese Erregung tritt um so mehr zutage, als das Blut durch die Reibung an den Gefäßwandungen, die es mit größerer Schnelligkeit durchläuft, sich erhitzt und ein erhitztes Blut um so erregender wirkt.

So können, während die Gliedmaßen sich bewegen, die inneren Organe nicht in Untätigkeit verharren, und der gesamte Organismus funktioniert mit größerer Energie unter dem Einfluß der Muskeltätigkeit.

III. DIE WÄRME

Der menschliche Motor und die thermischen Maschinen · Das mechanische Wärme-Äquivalent · Die Wärme ist die Bedingung der Bewegung, nicht ihre Wirkung · Verlorene Wärme · Wie der Körper seine Temperatur regelt · Wirkungen der Wärme auf den Muskel · Ein Experiment M. Mareys am Kautschuk · Alltägliche Beobachtungen · Der erwärmte und der durch Kälte erstarrte Muskel · Die Gesten des Zorns · Warum man beim Fechten gegen die Wand zielt · Der aufspringende Hase, Wirkungen einer übermäßigen Erhitzung · Tod des Muskels bei + 45°

Der menschliche Körper kann, sofern er die Quelle von Bewegung ist, mit einer Maschine verglichen werden, die durch Wärme getrieben wird. Man weiß, daß keine Maschine ihre Kraft selbst erzeugt, die vollkommensten Motoren können lediglich eine Kraft in eine andere umwandeln. Der menschliche Motor wandelt Wärme in Bewegung um.

Bei einer Dampfmaschine ist es leicht, von der Wirkung bis zur Ursache zurück zu gehen. Die Bewegung der Räder wird durch einen Kolben bewirkt, der durch eine Kolbenstange in Tätigkeit gesetzt wird; diese Kolbenstange gehorcht dem Druck des Wasserdampfes und letzterer verdankt seine Ausdehnungskraft der von ihm absorbierten Wärme. Endlich entsteht die Wärme selbst aus der Verbrennung von Kohlen. Die Verbrennung der Kohlen bildet also in letzter Instanz den Ursprung der Bewegung der Lokomotive.

Im lebenden Körper stammt die Bewegungskraft der Muskeln weder aus dem Nerv noch aus dem Rückenmark noch auch selbst aus dem Gehirn. Wir wissen, daß diese drei Organe nichts anderes tun, als daß sie den Antrieb des Willens auf die Muskeln übertragen. Der Wille selbst ist nicht die Quelle der bewegenden Kraft. Er befiehlt die Bewegung, läßt die Maschine in Aktion treten, wie der Lokomotivführer der Lokomotive den ersten Antrieb gibt, indem er den Dampfhahn öffnet. Aber es wäre ebenso absurd zu behaupten, der Wille bringe die Muskelkraft hervor, als dem Lokomotivführer die Zugkraft und Schnelligkeit seiner Maschine beizulegen.

Die Anfangstatsache und conditio sine qua non der Bewegung bildet im menschlichen Körper so gut wie in jeder thermischen Maschine die Erzeugung von Wärme. Der Körper produziert Wärme, indem er selbst die von ihm aufgenommenen Stoffe verbrennt.

Die Verbrennung unserer Gewebe bildet für uns eine Ausgabe, die durch die Bewegung notwendig wird. Wie wird diese Ausgabe verwendet, und wie verwertet der Muskel die so erzeugte Wärme? Das Problem ist noch fern von seiner Lösung; aber man weiß, daß im Körper so gut wie in der Maschine eine enge Beziehung und ein konstantes Verhältnis zwischen verausgabter Wärme und geleisteter Arbeitsmenge stattfindet. Die Muskelarbeit ist wie die Arbeit jedes thermodynamischen Apparats dem Gesetze des mechanischen Wärme-Äquivalents unterworfen.

Man mißt in der Mechanik die Arbeit durch ein Einheitsmaß, das *Kilogrammeter* genannt wird, und die Wärme durch ein Einheitsmaß, das *Kalorie* heißt. Das Kilogrammeter ist diejenige Arbeitsquantität, die erforderlich ist, um ein Gewicht von einem Kilogramm ein Meter hoch zu heben, und die Kalorie ist diejenige Wärmestärke, die erforderlich ist, um die Temperatur von einem Kilogramm Wasser um einen Grad zu erhöhen.

Die Physiker sagen, daß das mechanische Äquivalent der Wärme gleich ist 425 Kilogrammetern. Dies bedeutet, daß diejenige Wärmestärke, die erforderlich ist, um ein Kilogramm Wasser von 0° auf 1° zu bringen, wenn sie in Arbeit umgesetzt wird, ein Gewicht von 425 Kilogramm ein Meter hoch heben kann.

So lautet die Theorie; aber in der Praxis geht immer viel Arbeit verloren, und die vollkommensten Maschinen können kaum mehr als 9 bis 10% der erzeugten Wärme nutzbringend machen, der Rest geht in der Maschine selbst, die sich erhitzt, verloren. Im menschlichen Körper ist die vom Gesichtspunkte der Arbeit aus verlorengehende Wärme sehr beträchtlich, und da der Körper die nicht nutzbar verwendete Wärme selbst absorbiert, so steigert sich seine Temperatur während der Muskeltätigkeit.

In Anbetracht der enormen Masse verlorener Wärme während der Muskelarbeit erscheint es sogar auf den ersten Blick erstaunlich, daß der Körper, in dem diese Wärme sich verbreitet, nicht eine noch viel höhere Temperatur erreicht. In der Tat beträgt dieselbe bei einem Menschen, der eine schwere Arbeit leistet, höchstens 1 bis 2 Grad mehr, als bei einem, der ausruht.

Diese konstante Gleichheit in der Temperatur des menschlichen Körpers ist einem regulierenden Apparat zu verdanken, mit dem der Organismus ausgestattet ist, und dessen Mechanismus folgender ist:

Wenn der Körper sich erwärmt, so erweitern sich die Blutgefäße der Oberfläche und nehmen eine große Blutmenge aus dem Innern der Organe auf. Man sieht auch immer bei einem Menschen, der erhitzt ist, die Haut sich röten und schwellen. Das Blut, das in die Haut tritt, kühlt sich durch Strahlung sehr schnell ab, und da der Umlauf in einem arbeitenden Körper sehr wirksam ist, so wird die Flüssigkeit, die ihre Wärme verloren hat, sofort durch eine andere Blutwelle abgelöst, die sich nun ihrerseits abkühlt. So muß sich das ganze Blut des Lebenshaushalts in einigen Minuten abkühlen.

Die Hautoberfläche besitzt aber als Mittel der Abkühlung nicht nur die Wärmestrahlung, sondern auch die Ausdünstung und die Verdampfung durch die Hautporen. Jedermann kennt die abkühlende Kraft verdampfenden Wassers. Jedermann kann das Wohlbehagen konstatieren, das mit der Schweißerzeugung verknüpft ist, wenn man bei erhöhter Temperatur körperlich tätig ist.

Im Falle übermäßiger Abkühlung ist der Mechanismus dem bislang geschilderten entgegengesetzt. Die Kapillargefäße schließen sich unter der Einwirkung der Kälte, und indem sie ihr Kaliber verengen, treiben sie die Masse der Blutflüssigkeit nach dem Innern der Organe. In den Tiefen der Gewebe kann das Blut, vor der Außenkälte geschützt, seine Wärme erhalten.

Gewöhnlich wird behauptet, daß die Arbeit Körperwärme erzeuge. Richtiger wäre es umgekehrt zu sagen: die Wärme ist die Ursache und nicht die Wirkung der Arbeit. Man muß eine Dampfmaschine heizen, bevor man sie in Betrieb setzt, und es ver-

rinnt immer geraume Zeit zwischen dem Augenblick, in dem das Feuer angezündet wird, und demjenigen, in dem die Lokomotive zu laufen beginnt. Unser Organismus fordert weniger Zeit, gleichwohl erfolgt auch seine Arbeit nicht augenblicklich und verfließt immer ein meßbarer Zwischenraum zwischen dem Willensimpuls und der Ausführung einer Bewegung. Dieser Zeitraum wird in Anspruch genommen von einer Reihe von Tätigkeiten, unter denen die Verbrennungen, die Quelle der Lebenswärme, ihre Stelle einnimmt.

Keine Muskelanspannung ohne Erzeugung von Wärme. Führt man eine mit einem thermo-elektrischen Apparat verbundene Nadel in einen Muskel ein und läßt den Muskel sich zusammenziehen, so sieht man, daß sofort eine Temperaturerhöhung durch den Apparat signalisiert wird.

Man kennt auch sehr wohl die Wichtigkeit der Wärme für die Erzeugung der Bewegung, aber man weiß nicht, wie und durch welchen Mechanismus die Wärme auf den Muskel wirkt, um ihn in Kontraktion zu bringen. Wirkt er unmittelbar auf die kontraktilen Fasern, um diese mechanisch zu verkürzen, wie dies augenscheinlich bei gewissen elastischen Stoffen der Fall ist? Einige Physiologen sind geneigt, dies anzunehmen.

Wenn man einen Muskel erwärmt, so verändert man seine Form und sieht ihn sich verkürzen durch Schwellung. Diese Wirkungen verschwinden, sobald der Muskel abgekühlt wird.

Die Muskelfaser besitzt diese Eigenschaft, Wärme in Arbeit umzuwandeln, nicht allein. Der Kautschuk z. B. verhält sich ganz analog; man kann sogar mittelst dieses Stoffes bis zu einem gewissen Grade die Muskelphänomene nachahmen.

Wenn man eine nicht vulkanisierte Kautschukschnur nimmt und sie zwischen den Fingern ausdehnt, so kann man ihr eine 10 bis 15 mal so große Länge geben, als sie vorher hatte, und man sieht, wie sich das Aussehen der Schnur verändert, sie wird weiß und glänzend. Gleichzeitig erwärmt sich die Schnur erheblich, und bestrebt sich ihre frühere Kürze wieder zu erlangen so, daß sie, sobald man eins ihrer Enden fahren läßt, augenblicklich wieder in die anfängliche Länge zurückgeht und gleichzeitig ihre ursprüngliche Temperatur wieder annimmt. Merklich ist Wärme

verschwunden, um mechanische Arbeit zu werden. In der Tat bleibt die Schnur, wenn man sie in gezerrtem Zustande in kaltes Wasser taucht, um ihr die Wärme zu entziehen, sozusagen in der Verlängerung geronnen und entwickelt keine mechanische Arbeit mehr.

Nimmt man aber die so verlängerte Schnur wieder heraus und gibt ihr neue Wärme, so sieht man sie mit erheblicher Kraft wieder zusammenschrumpfen.

Der so abgekühlte Kautschukfaden ist, wenn man ihn mit einem Gewichte belastet, nicht bestrebt, dieses zu heben; nimmt man ihn aber zwischen die Finger, so merkt man, daß er in demselben Grade, wie er sich erwärmt, anschwillt und sich verkürzt und so das Gewicht hebt: es wird mechanische Arbeit erzeugt.

Erhitzt man einen solchen Gummifaden an verschiedenen Punkten, so schafft man eine Reihenfolge von Schwellungen, deren jede ein Gewicht von bestimmter Größe zu heben vermag. Erhitzt man ihn schließlich in seiner ganzen Länge, so kehrt er zu seinen ursprünglichen Dimensionen zurück, abgesehen von der durch das angehängte Gewicht verursachten leichten Verlängerung.

Tiefe Analogien nähern dieses Experiment dem Phänomen, das wir am Muskelgewebe beobachten. Mir scheinen diese Analogien bemerkenswert zu sein; sie scheinen mir neue Gesichtspunkte zur Ergründung der Muskelarbeit zu bieten[1].

II

Die Versuche im Laboratorium führen nicht immer zu Schlüssen, die sich für das gewöhnliche Leben verwerten lassen; immerhin aber kann sich jedermann vom Einfluß der Temperatur auf die Körperbewegungen Rechenschaft verschaffen.

Bei sehr starker Kälte, wenn man den *Frost* hat, kann man sich der Muskeln der Hand nicht bedienen, und wenn man den Arm einige Minuten lang in eiskaltes Wasser hält, entsteht eine momentane Lähmung des ganzen Gliedes.

Im Sommer besitzt man für körperliche Übungen mehr Gewandtheit als im Winter. Die Lehrer der Gymnastik, die nie-

[1] Marey, La machine animale.

mals um eine Erklärung verlegen sind, sagen, der Körper sei im Sommer geschmeidiger. Es ist aber keine Frage der Geschmeidigkeit, daß der Muskel besser arbeitet, wenn er erwärmt ist. Um einen Kraftmesser zwischen den Fingern zu drücken, braucht man keine Geschmeidigkeit zu besitzen: man konstatiert gleichwohl einen großen Unterschied in den Ziffern, die den Druck angeben, je nachdem die Muskeln kalt oder erwärmt sind.

Die Wärme ruft in den Muskelfasern einen Anfang von Kontraktion hervor oder wenigstens eine Disposition, schneller in Wirksamkeit zu treten unter dem Einfluß des Willens. Ein erwärmter Muskel scheint gewissermaßen eine latente Kraft angesammelt zu haben.

Man hat konstatiert, daß das Maximum der Kontraktionsfähigkeit für die Muskeln des Menschen um 40° herumliegt. Es folgt daraus, daß der Mensch, dessen Muskeln sich dieser Temperatur nähern, am schnellsten im Besitz aller seiner Kräfte ist und mit dem ersten Schlag seine ganze Stärke entfaltet.

Eine Körperübung vollzieht sich mit größerer Gewandtheit und Kraft, wenn die Wärme der Arbeit die Temperatur der Muskeln gesteigert hat. Diese Tatsache ist so allgemein bekannt, daß es dafür ganz übliche Redensarten gibt, die sie kennzeichnen. Man sagt von einem Menschen, der eine Kraft- oder Gewandtheitsübung beginnt und dessen Bewegungen noch nicht ihre volle Präzision und Kräftigkeit erlangt haben, daß er noch nicht „warm geworden“ ist.

Man könnte zahllose Beispiele dafür anführen, um die Notwendigkeit vorgängiger Arbeit zwecks Muskelerwärmung vor Ausübung einer Muskelübung, die eine starke Kraftentfaltung erfordert, darzulegen.

Es ist interessant, zu erkennen, wie die Natur den Tieren und Menschen instinktmäßig vorbereitende Bewegungen verliehen hat, wenn es sich darum handelt, anzugreifen oder sich zu verteidigen.

Der Zorn ist im Prinzip das Vorspiel eines Angriffs gegen einen Feind, und Tiere wie Menschen, die angreifen wollen, führen eine Reihe von Bewegungen aus, die gewissermaßen nur eine Vorbe-

reitung ihrer Ausführungsmittel sind. Der Hund zieht die Lippen hoch, um die Beißzähne zu entblößen, und auch der Mensch nimmt instinktiv eine Haltung an, die für den Kampf günstig ist. „Der Kopf wird hochgenommen, die Brust gedeckt, die Füße stemmen sich fest auf dem Boden. Die Arme nehmen verschiedene Lagen ein: bald bleiben sie steif gestreckt am Körper, bald beugen sie sich; regelmäßig aber pflegt man die Faust zu schließen, wenigstens bei den Völkern, die wie z. B. die Europäer, die Gewohnheit haben, mit Faustschlägen zu kämpfen[1].“

Nach unserer Auffassung hat der Zorn offenbar den Zweck, den Menschen wie das Tier zum Kampfe vorzubereiten; aber er bereitet dazu nicht bloß dadurch vor, daß er sie in eine der Strategie des Angriffs oder der Abwehr angemessene Körperhaltung versetzt, sondern vor allem auch dadurch, daß sie zu Bewegungen anregt, welche die Temperatur des Körpers erhöhen. Man hat zu allen Zeiten bemerkt, daß der Körper eines in Zorn geratenden Menschen sich erhitzt, und die Redensart: „glühend vor Zorn“ ist in die gewöhnliche Sprache übergegangen. Wenn der Zorn nicht heftig genug ist, um die Muskeln spontan zu erwärmen, so machen Mensch wie Tier instinktmäßig eine Reihe von Bewegungen, die ihrem Gegner gegenüber eine Drohung ausdrücken und zugleich die Lebenswärme erhöhen und den Körper in eine der Ausführung günstigere Temperatur versetzen[2]. Jedermann kann bemerken, daß die Gesten um so übertriebener werden, je weniger der Mensch zum Angriff entschlossen ist. Ist der Zorn wirklich sehr groß, so sind die Gesten überflüssig; der in einen Paroxysmus der Wut geratene Mensch verliert seine Zeit nicht mehr mit Gestikulationen, er stürzt sich ohne weiteres auf seinen Feind. Seine Muskeln haben durch die bloße Tatsache der Beschleunigung des Blutumlaufs schon diejenige Temperatur erlangt, deren er zum Handeln bedarf.

Die Gesten des Zorns sind in Wirklichkeit gewaltsame Bewegungen, welche in kurzer Zeit die Temperatur des Körpers bis

[1] Darwin, Ausdrucksbewegungen. [2] Anm. des Übersetzers: Hierher gehört der sog. Appell beim Stoßfechten und Bajonettieren, das auf Kommando des Fechtmeisters erfolgende zwei- oder dreimalige Aufstampfen mit dem vorstehenden Fuß in drohender Haltung. („Zwei Appell!!“ usw.)

zu dem gewollten Grade steigern, dessen die Muskeln bedürfen als Maximum ihrer Wirkungskraft. Diese Gesten finden sich bei allen Tieren. Sie lassen sich nicht in befriedigender Weise erklären, wenn man sie nicht als Vorbereitungshandlungen deutet, die den Zweck haben, das Tier in den vollen Besitz seiner Handlungsfähigkeit zu setzen. Der Löwe, der sich mit dem Schweife die Flanken schlägt, der Stier, der die Erde mit seinen Hörnern bearbeitet, sie tun nichts anderes als das Pferd, das zum Galopp ansetzt und sein „canter" nimmt.

Wenn man ein Pferd einige Minuten vor dem Rennen in kurzen Galopp versetzt, so steigert man die Temperatur seiner Muskeln um einen Grad: dies ist so gut, als wenn man eine Lokomotive heizt.

Man begegnet dieser Vorbereitungsarbeit für die Muskeln bei allen Übungen, die Kraft oder Geschicklichkeit erfordern. Der Pianist spielt einige Tonleitern, oder er präludiert einige Läufer, bevor er sein eigentliches Stück beginnt. Beim Fechten zielt man gegen die Wand, bevor man seinen Gang beginnt. Beim französischen Boxen, das außerordentliche Kraft und Gewandtheit fordert, dauern die Bewegungen des Grüßens mehrere Minuten. Der Zweck dieser einleitenden Bewegungen ist lediglich, die Temperatur der wirkenden Muskeln zu steigern. Ein Muskel, der gearbeitet hat, ist ein Muskel, der sich erwärmt hat, und ein erwärmter Muskel ist der Sitz einer beginnenden Spannung, welche die Willenstätigkeit erleichtert, wie die von einem schweren Körper erlangte Geschwindigkeit jeden Antrieb erleichtert, den man seiner bereits erlangten Geschwindigkeit hinzufügt.

Ein Pferd, das einen stehenden Wagen in Bewegung setzen soll, muß sich viel mühsamer ins Geschirr legen, als dasjenige, das einen schon rollenden Wagen rascher anziehen und vom Schritt in Trab übergehen soll. Der erwärmte Muskel ist bereits im Zustande der Halb-Kontraktion: der Wille hat es leichter, seine Tätigkeit zu steigern und zu lenken.

Manche Tatsachen der alltäglichen Beobachtung erklären sich durch diesen Einfluß der Wärme auf den Muskel. Man weiß, daß der Schlaf die Temperatur des Körpers herabsetzt: bei Tieren, die sich im Winterschlaf befinden, sinkt die Temperatur von

37° auf 20°. In demselben Maße vermindert sich ihre Muskel-Kontraktilität. Mit Hülfe von Registrierapparaten hat Marey graphische Zeichnungen verfertigt, welche die Form und Intensität der Muskelerschütterung beim Murmeltier darstellen. Er hat eine beträchtliche Differenz zwischen dem Moment festgestellt, wo das Tier aus seinem Schlafe erwacht, und demjenigen, wo es bereits ganz wach ist. In derselben Zeit vermehrt sich die muskuläre Energie und Temperatur.

Jeder kann an sich selber eine gewisse Steifheit seiner Gliedmaßen beobachten, wenn er das Bett verläßt. Die Tiere, die man im Schlafe überrascht, bedürfen stets einiger Zeit, um ihre volle Muskelenergie wieder zu gewinnen, und besitzen beim Aufbruch zur Flucht noch nicht die Schnelligkeit, die sie einige Sekunden später entwickeln. Wenn ein Hase zusammengerollt im Lager liegt und zwei Flintenschüsse erhält, die ihn aber nicht treffen, so glaubt der ungeschickte Jäger fast immer, daß er ihn angeschossen hat. Er scheint unfähig zu laufen, und seine ersten Schritte sind so langsam, daß ein Hund ihn greifen könnte; aber nach Zurücklegung einiger Meter wird er die Illusion des unerfahrenen Schützen zerstören: das erwärmte Stück Wild schnellt wie ein Pfeil davon.

Die Wärme ist also ein unentbehrliches Element für die Muskelkontraktion. Doch darf ihre Temperatur keinen zu hohen Grad erreichen; denn alsdann wird die Muskelaktivität nicht mehr gesteigert, sondern zerstört. Bei Menschen und Säugetieren liegt diese Grenze um 45° herum.

Bei dieser Temperatur greifen die Verbrennungsprozesse der Lebenstätigkeit die Muskelgewebe zu sehr an und zerstören endgiltig ihre Eigenschaften: der Muskel stirbt.

Der Exzeß der Muskelarbeit kann im Organismus eine Temperatur erzeugen, bei welcher der Körper nicht mehr leben kann. Dies ist eine der Ursachen, aus denen ein gehetztes oder überanstrengtes Tier stirbt. Wenn die Arbeit übermäßig wird, so kann es dahin kommen, daß sich eine so starke Hitzemenge erzeugt, daß die Ausstrahlung auf der Körperoberfläche und die Verdunstung der Flüssigkeiten nicht mehr genügen, um die Temperatur innerhalb der dem Leben angemessenen Grenzen zu er-

halten. Das überhitzte Blut wird tödlich für die Nervenzentren; das Tier, dessen Körper mit Wärme unter dem Einflusse eines zu sehr verlängerten Rennens überladen wird, stirbt unter ähnlichen Bedingungen, wie der Mensch unter dem Einfluß der Tropensonne am sog. Sonnenstich.

IV. DIE VERBRENNUNGEN

Allgemeiner Begriff der Verbrennungen · Chemische Wärmequellen · Alte und neue Theorien · Rolle des Sauerstoffs; Umwandlung in Hydrat, Zerlegungen · Zusammengesetztheit der chemischen Vorgänge, welche Wärme auslösen · Verbrennungsstoffe; Nahrungsmittel; Reservegewebe; die Organgewebe · Resultate der Verbrennungen · Die Produkte der Zersetzung · Die Produkte einer unvollständigen Oxydation; Harnsäure · Ausscheidung der Zersetzungsprodukte · Die Ausscheidungsorgane · Die Selbstvergiftungen · Gefahren des menschlichen Miasma

Arbeit und Wärme bedingen sich wechselseitig in der tierischen Maschine. Nun vollzieht sich in uns eine unaufhörliche Arbeit. Während der Ruhe und selbst während des Schlafs bleiben die inneren Organe niemals untätig. Das Herz schlägt und wendet beträchtliche Kraft auf, um das Blut in die Gefäße zu treiben; die Brust hebt und senkt sich zur Atmung; der Magen und die Eingeweide befinden sich in peristaltischer Bewegung, um die Nahrungsmittel zu verdauen.

Die Arbeit des menschlichen Körpers ist also unausgesetzt und vollzieht sich Tag und Nacht, sie hört nicht eher auf als mit dem Tode, und erst in diesem Augenblick erlischt der Herd der tierischen Wärme.

Leben ist nicht möglich ohne Wärme. Die Wärme, aus der die menschliche Maschine die für ihr Funktionieren nötige Kraft zieht, verdankt sie Verbrennungen, die im Innern des Organismus stattfinden. Man nennt Verbrennung in der Chemie jede Verbindung zweier oder mehrerer Stoffe untereinander mit der Erzeugung von Wärme und Licht.

Offenbar gibt man daher dem Worte „Verbrennung“ eine große Ausdehnung und nimmt es fast in einem bildlichen Sinne, wenn man es anwendet auf die Phänomene, die bei Erwärmung des Körpers durch Arbeit eintreten. Die chemischen Verbindungen, die sich in uns vollziehen, werden nicht von Lichterscheinungen begleitet. Die Phänomene, welche die Lebenswärme erzeugen, ähneln vielmehr denjenigen der Gärung, als derjenigen der Verbrennung im eigentlichen Sinne. Sie gleichen zum Beispiel mehr dem, was vorgeht in einem feuchten Heuhaufen, dessen Tem-

peratur sich erhöht, als den Vorgängen eines brennenden Herdfeuers.

Die Quellen der Lebenswärme sind also chemische Verbindungen, und diese Verbindungen sind außerordentlich mannigfaltig.

Man hat lange Zeit gemeint, daß alle Verbrennungen im Organismus durch die Wirkung des Sauerstoffs auf die lebenden Gewebe bedingt seien. Auch heutzutage erkennt man noch die wesentliche Bedeutung des Sauerstoffs in allen chemischen Verbindungen an, welche Quellen der Arbeit sind; aber man hat erkannt, daß auch andere Stoffe, die einen Anteil an den Lebenstätigkeiten haben, fähig sind, Wärme zu erzeugen: z. B. der Wasserstoff.

Mehr noch, viele chemische Reaktionen, denen wir Wärme verdanken, vollziehen sich einfach durch Zersetzung einer Substanz in zwei Stoffe, deren Elemente in der ersteren enthalten waren. Zuweilen beschränkt sich die Verbindung auch auf die „Hydratation“ (Wasserstoffaufnahme) einer Substanz, welche einige Äquivalente Wasserstoff aufnimmt, oder auch auf ihre Deshydratation, sofern sie einige dieser Äquivalente verliert (E. Lambling, Die Quellen der Wärme und der Kraft).

Das Problem der Lebensverbrennungen hat sich also neuerdings sehr kompliziert; man möchte sagen, daß es sich sogar ein wenig verwirrt hat, und daß es schwer ist, davon in wenigen Worten einen klaren und deutlichen Bericht zu geben.

Dies ist ein Kapitel der Physiologie, das man vollständig neu zu schreiben hat, und dessen Folgerungen zur Zeit noch nicht formuliert werden können. Alles, was man sagen kann, ist dies, daß die unausgesetzte Arbeit der inneren Organe, welche das Leben ausmacht, die Umwandlung einer Kraft ist, der Wärme. Diese Kraft selbst entsteht aus chemischen Vorgängen, welche die im latenten Zustande in den Molekülen, aus denen die Körperorgane zusammengesetzt sind, und in den Nahrungsmitteln, die zur Unterhaltung der Organe dienen, eingeschlossene Wärmekraft in Freiheit setzen.

Die chemischen Reaktionen, die latente Wärmekraft in Freiheit setzen und am Thermometer sichtbar machen, vollziehen

sich auf Kosten von zwei Gruppen von Stoffen: der Nahrungsstoffe, welche die Verdauung dem Blute zuführt, und der organischen Stoffe, die einen Teil unseres Körpers bilden und sich von ihm ablösen, um neuen Stoffen Platz zu machen, die aus der Ernährung geschöpft werden.

Gewisse Verdauungsprodukte werden, wenn sie kaum ins Blut übergegangen sind, sofort zu chemischen Verbindungen verwendet, aus denen Wärme entsteht, und wenn sie durch diese Verbrennung in ihrer chemischen Zusammensetzung modifiziert sind, wieder aus dem Körper ausgeschieden, ohne in dauernder Weise in unseren Organen Stellung genommen zu haben. Sie tun nichts weiter, als daß sie den Organismus s. z. s. durchreisen, indem sie sich dabei umbilden.

Am Morgen nach einer allzu reichlichen Mahlzeit kann man auf dem Boden eines Gefäßes, in dem der Urin aufbewahrt ist, einen Bodensatz wahrnehmen, der verschieden, teils gelblich weiß, teils ziegelrot gefärbt ist. Dieser Bodensatz ist aus sehr verschiedenen chemischen Stoffen gebildet, die zweifellos aus den am Abend zuvor absorbierten Speisen stammen; aber er ist ein Ergebnis der Umwandlung der Nahrungsmittel in neue Stoffe, die wieder ausgeschieden wurden, weil sie in zu großer Quantität dem Körper zugeführt waren, so daß die Organe dafür keine Verwertung hatten; dies ist ein Fall, in dem die Nahrungsmittel Stoffe für die Verbrennungsprozesse des Lebens beschafft haben.

Umgekehrt erzeugen sich zu anderen Malen Verbrennungen auf Kosten der Elemente, die einen integrierenden Teil des Körpers bilden. Wenn ein Mensch, der zwei Tage gefastet hat, eine schwere Muskelarbeit ausführt, so kann er die beträchtliche Wärme, die hierfür erforderlich ist, nicht mit Hülfe von Verdauungsprodukten bestreiten. Dennoch kann auch dieser Mensch in seinem Urin infolge der Arbeit einen ähnlichen Bodensatz entdecken, der nach Aussehen und chemischer Zusammensetzung ganz demjenigen des Menschen gleicht, der zu gut diniert hat.

In diesem Falle sind die chemischen Verbindungen, welche die Wärme erzeugt und gleichzeitig die Ausscheidungsbestandteile

durch den Urin hervorgebracht haben, in diesem Falle, sagen wir, sind die Verbindungen nicht auf Kosten von Stoffen entstanden, die von außen in den Organismus eingeführt waren, sondern auf Kosten des Organismus selbst und der Gewebe, aus denen er besteht.

Da der Organismus in allen seinen Teilen aus Stoffen besteht, welche jeden Tag aus der Nahrung geschöpft werden, ist es nicht erstaunlich, daß die Nahrungsstoffe in chemischer Zusammensetzung sich im Organismus wiederfinden, und daß im Falle des Fastens die Elemente des Körpers Elemente ersetzen können, die gewöhnlich durch die Nahrung beschafft werden.

Sonach können die chemischen Quellen der Wärme und folgerichtig der Kräfte, aus denen die Arbeit entsteht, ihren Ursprung nehmen sei es in Nährstoffen, sei es in den Molekülen, welche den Körper zusammensetzen.

Die tierische Maschine ist derart konstruiert, daß sie lange Zeit ohne Hülfe äußerer Zufuhr funktionieren kann. Wir haben den Beweis dafür alltäglich bei Krankheiten, die den Patienten für mehrere Wochen zu einer eingeschränkten Diät zwingen. Eine berühmte Demonstration dafür haben uns auch zwei Sonderlinge[1] geliefert, von denen der eine 50 Tage ohne irgend welche Nahrungsaufnahme verharrte und sich gleichwohl Körperübungen unterzog.

Der Körper kann also für die chemischen Verbindungen, welche die Quellen der Wärme und Muskelarbeit sind, den Stoff auch ohne Hülfe der Ernährung stellen. Aber wenn diese Stoffe auf Kosten der Organe beschafft werden, die das wesentliche Räderwerk der Maschine bilden, so versteht sich, daß letztere sehr bald verschlechtert und abgenutzt wird. Übrigens gibt es im Körper Stoffe, welche die Mitte halten zwischen Nährmitteln und Organen. Diese Stoffe, welche man Reserven nennt, werden durch Gewebe gebildet, deren Verschwinden in keiner Weise die regelmäßigen Funktionen des Organismus beeinträchtigt. Die Reservegewebe sind das Ergebnis einer Art von täglich auf die Nahrung gelegten Steuer, die an gewissen Stellen des Körpers wie in einer Sparkasse angelegt wird, aus welcher der

[1] Guzzi und Merlatti.

Organismus zu gewissen Zeiten nach Maßgabe seiner Bedürfnisse schöpfen kann.

Die Reservegewebe bestehen anatomisch zum großen Teil aus Fettgeweben; aber das Fett ist nicht das einzige Gewebe des Körpers, das zur Verbrennung benutzt wird. Es gibt noch andere Stoffe, z. B. eine Zuckerart, die man Jnosite nennt, der man in großer Menge in Muskelgeweben begegnet und deren Verbrennung eine der Quellen der Arbeitswärme bildet. Unstreitig gibt es auch im Muskelgewebe stickstoffhaltige Produkte, welche die Rolle des Reservegewebes spielen, da nach unseren Beobachtungen, über die wir im II. Teil dieses Buches berichten werden, diejenigen Subjekte, die für gewöhnlich nicht arbeiten und die folglich mit reichlichen Reservevorräten versehen sind, nach zufälliger Ausübung heftiger körperlicher Arbeiten, in ihrem Urin eine große Masse von stickstoffhaltigen Abfällen aufweisen. Bei ihnen erzeugt sich ein ähnlicher Urin, wie bei Personen, deren Ernährung zu fleischreich und folglich zu stickstoffhaltig ist.

Aber Nahrung und Reservegewebe sind nicht die einzigen Elemente solcher chemischer Verbindungen, die als Verbrennungen bezeichnet werden. In gewissen Fällen erhält sich die Lebenswärme und das Leben selbst, auch wenn die Ernährung unterdrückt ist und die Reserven erschöpft sind. Mehr noch, selbst heftige Muskelarbeit kann noch unter solchen Bedingungen ausgeführt werden; es können also auch noch intensive Verbrennungen stattfinden. Diese Verbrennungen vollziehen sich dann aber auf Kosten der wichtigsten Gewebe des Organismus, nämlich solcher, welche das innerste Gewebe des Lebens und die Wesenheit seiner Organe bilden. — In diesen Fällen funktioniert die Maschine noch, aber sie funktioniert auf Kosten ihrer wesentlichen Bestandteile: sie nützt sich ab.

Dies sind vom physiologischen Standpunkte aus die drei Quellen, aus denen die Lebenstätigkeit der inneren Organe und die Muskelarbeit des äußeren Lebens, das nur eine Wirkung der ersteren nach außen ist, die Elemente schöpfen, deren chemische Kombinationen die Wärmeausgabe ermöglichen.

II

Welches sind aber diejenigen Stoffe, die vom *chemischen* Standpunkte aus bei den Verbrennungen verwandt werden? Das ist eine Frage, die seit einigen Jahren in der verschiedensten Weise beantwortet worden ist, und für die eine definitive, uns zufriedenstellende Antwort noch nicht gefunden sein dürfte.

So interessant es auch wäre, die Theorie der Lebensprozesse in dieser Hinsicht in ihrer allmählichen Entwicklungen zu verfolgen, ziehen wir es doch vor, uns hier mit einem Resumé über den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft zu begnügen. Alle Autoren, die diese Frage in der letzten Zeit behandelt haben, sind darin einig, daß die chemische Quelle der Muskeltätigkeit fast ausschließlich in der Verbrennung von Kohlenwasserstoffverbindungen zu suchen sei, wie solche durch Fette und Zucker dargestellt werden. Man hat eine starke Bresche in die Theorie geschlagen, der zufolge der Muskel, wenn er sich bei der Arbeit zusammenzieht, seine eigene Substanz verbrennen und dadurch eine große Masse von Stickstoffabfällen erzeugen würde.

Die Arbeiten von Liebig hatten dazu geführt, eine Vermehrung der Ziffer des Harnstoffs nach der Arbeit anzunehmen; neuere Untersuchungen scheinen die Ergebnisse Liebigs in Frage zu stellen, und man gibt zu, daß der Harnstoff durch die Muskelarbeit nicht vermehrt, sondern geradezu vermindert wird. Indessen ist nicht zu leugnen, daß der Muskel einen Teil der Verbrennungskosten bestreitet, da seine chemische Zusammensetzung durch die Muskeltätigkeit stark modifiziert wird; aber man führt diese Veränderungen auf Umwandlungen der nicht stickstoffhaltigen Substanzen zurück, die zur Bildung der Muskelsäfte beitragen, z. B. des *Glykogens*. Das Glykogen ist eine Kohlenwasserstoffverbindung, die sich in Zucker umsetzen und während der chemischen Arbeitsvorgänge sich nach Art der Bodensatz- und Fettstoffe verhalten kann.

Man muß jedoch zugeben, daß in bestimmten Fällen auch die stickstoffhaltigen Bestandteile des Muskels bei den Arbeitsverbrennungen verbraucht werden. Es gibt dafür zwei Beweise. Der erste liegt darin, daß der Muskel in der Form der Muskel-

ermüdung an Masse einbüßt, was wir später im Kapitel von der *Erschöpfung* erörtern werden. Der zweite Beweis ist ein direkter, er ergibt sich aus unseren Beobachtungen über die Zusammensetzung des Urins nach einer Arbeitsleistung, Beobachtungen, die in unwiderlegbarer Weise nachweisen, daß nach Muskelarbeiten sich die Ausscheidung der Harnsäure vermehrt. Man muß also zugeben, daß die stickstoffhaltigen Gewebe ebensogut wie die nicht stickstoffhaltigen zu den Arbeitsverbrennungen verbraucht werden können. Und wir werden im Kapitel über *Ermüdungssteifheit* darlegen, daß die Reservestoffe, die bestimmt sind, zu diesen Verbrennungen herangezogen zu werden, nicht lediglich aus Fetten bestehen, sondern zum Teil auch aus stickstoffhaltigen Substanzen, da die stickstoffhaltigen Urinabfälle besonders reichhaltig bei solchen Individuen sind, die nicht die Gewohnheit haben, mit ihren Muskeln zu arbeiten, und die folglich ihre Reservevorräte nicht erschöpft haben.

So entsteht die von der Arbeit benötigte Wärme aus chemischen Prozessen, die mit dem Freiwerden von Wärme verbunden sind, und denen gewisse Grundstoffe ausgesetzt sind, sowohl stickstoffhaltige wie stickstoffreie, die einen integrierenden Teil des Organismus bilden oder in denselben durch die Ernährung eingeführt werden. Diese chemischen Prozesse sind regelmäßig — wenn auch nicht ausschließlich — *Oxydationen*, d. h. Verbindungen mit Sauerstoff. Der Sauerstoff wird in den Organismus durch die Atmung eingeführt. Er bleibt in demselben und wird aufbewahrt, um einen stets nutzbaren Vorrat für die chemischen Verbindungen zu bilden, die den verschiedenen Lebensfunktionen dienen. Wenngleich die Oxydationen nicht die einzigen chemischen Prozesse der Arbeit sind, so bilden sie doch den wichtigsten Faktor derselben, und der Sauerstoff wird fast immer bei den chemischen Verbindungen, welche Wärme erzeugen, benutzt.

Die Sauerstoffverbindungen, die sich während der Verbrennungen bilden, lassen sich in zwei Kategorien einteilen: in *vollständige* Verbrennungsprodukte oder Oxydationen und in *unvollständige* Oxydationsprodukte. Die Kohlensäure und das Wasser stehen mit allen vollständigen Oxydationen der kohlenwas-

serstoffhaltigen Gewebe in Zusammenhang, und der Harnstoff ist das letzte Ergebnis der vollständigen Oxydationen für stickstoffhaltige Substanzen.

Außer diesen Substanzen gibt es noch andere Produkte, die auf Kosten derselben Gewebe gebildet werden, an denen aber der Sauerstoff nur in geringerem Verhältnisse beteiligt ist und die sich folglich als Resultate einer weniger vorgeschrittenen Oxydation oder einer unvollständigen Verbrennung darstellen.

In einem Ofen ist es der Sauerstoff der Luft, der sich mit den brennenden Scheiten verbindet, welche als unvollständige Verbrennungsprodukte Rauch und Ruß liefern. Diese Produkte werden nicht bis zum letzten Grade der Oxydation oder Verbrennung reduziert, so daß sie bekanntlich in den rauchvernichtenden Apparaten von neuem der Wirkung des Sauerstoffs der Luft ausgesetzt werden und jetzt erst vollständig verbrannt werden können.

Ebenso ist beispielsweise die Harnsäure ein unvollständiges Verbrennungsprodukt und kann einem stärkeren Grade der Oxydation nochmals unterworfen werden. Injiziert man eine gewisse Menge dieser Substanz in das Blut eines Tieres, so wird sie nochmals oxydiert und in Harnstoff verwandelt.

Die Harnsäure ist nur eines der zahlreichen organischen Produkte, die aus unvollkommenen Oxydationen hervorgehen, und die man Abfälle der Verbrennung nennt.

Die Verbrennungen vernichten die Gewebe, aus denen sie sich nähren, nicht vollständig; sie wandeln sie nur um und denaturieren sie, wie dies die Flamme auf dem Herde mit der Kohle und dem Holze macht, das sie verzehrt. Das Brennholz liefert als Produkte der Dekomposition die Asche und den Ruß, der sich in einem erloschenen Herde findet. Ebenso sammeln sich im Organismus nach der Arbeit Verbrennungsprodukte an, — die man auch als Disassimilationsprodukte bezeichnet, da sie den organischen Geweben, deren Teile sie vorher bildeten, nicht mehr ähnlich sind.

III

Die Produkte der Zersetzung, deren Geschichte noch sehr dunkel ist, haben ein gemeinsames Kennzeichen: sie sind sämtlich unbrauchbar für das Leben und müssen, sobald sie gebildet sind, vom Körper ausgeschieden werden, wie die Asche und der Rauch aus einem Herde entfernt werden müssen. Diese Abfälle bilden eine Gefahr für den Organismus, und ihre Anwesenheit im Blute wird unvereinbar mit der Gesundheit, wenn sie sich in zu großer Menge darin befinden. Die Gefahr existiert nicht, wenn sie sich in mäßiger Menge vorfinden; denn alsdann entledigt sich der Organismus ihrer in kurzer Zeit dank den besonderen Organen, die mit ihrer Ausscheidung betraut sind.

Die Lunge, die Niere, die Haut und die Eingeweide haben neben andern Funktionen auch diejenige, aus dem Blute die schädlichen oder unnützen Stoffe auszuscheiden, die sich darin befinden können, sei es nun, daß solche darin entstanden sind, sei es, daß sie von außen eingeführt sind.

Diese vier Organe sind überhaupt damit betraut, aus dem Organismus Produkte, die sich in allen seinen Teilen infolge von Verbrennung bilden, auszuscheiden. Die Lunge befördert die Kohlensäure, der Urin Harnstoff, der Schweiß Milchsäure usw. Alle diese Produkte sind die Abfälle der Lebensverbrennung. Neben diesen sehr bekannten Produkten müßte man noch manche erwähnen, die es keineswegs sind. Täglich werfen neue Untersuchungen ein neues Licht auf die Funktion der Ausscheidung und zeigen die Wichtigkeit der Rolle, welche diese im Organismus spielen.

Es gehört nicht in den Rahmen dieses Buches, eine vollständige Darstellung aller Ausscheidungsprodukte zu geben, aber es ist unerläßlich für das Verständnis unserer Ansichten über die Ergebnisse der Arbeit und Ermüdung, auf einen Punkt ihrer Geschichte unsere Aufmerksamkeit zu lenken, nämlich auf die Gefahren, denen der Organismus ausgesetzt wird, wenn sie zufällig im Blut zurückgehalten werden und ihre Elimnation sich in unvollständiger Weise vollzieht.

Lange bevor die chemische Analyse das Vorhandensein von

giftigen Stoffen in den Abfällen der Zersetzung nachgewiesen hatte, hatten viele klinische Fälle bewiesen, daß solche Stoffe existieren müssen. Man weiß seit langer Zeit, daß die geringste Hemmung in den Funktionen eines Ausscheidungsorganes unmittelbar eine Reihe von Zufällen herbeiführt, welche durch die Zurückhaltung von Abfällen im Blute verschuldet werden, die dieses Organ eliminieren muß.

Die Funktion, deren Hemmung die schwersten und dringlichsten Gefahren mit sich führt, ist die Atmung. Die Lunge braucht nur wenige Minuten ihre Tätigkeit einzustellen, so tritt der Tod durch Erstickung ein, die nichts anderes ist, als eine Blutvergiftung durch Kohlensäure. Die Kohlensäure ist das bekannteste und reichlichste der Verbrennungsprodukte; sie entsteht aus der Verbrennung des Kohlenstoffs, aus dem die lebendigen Gewebe gebildet sind. Unaufhörlich bildet sich dieses Gas in unserm Blute, und der Organismus enthält davon stets große Mengen, aber die mit dem Leben verträgliche Dosis wird nicht überschritten, so lange die Lunge den Überschuß auspumpt in dem Maße, wie er sich bildet. Wenn aber das Atmungsorgan sein Spiel einstellt, so häuft sich das giftige Gas an und erreicht in sehr kurzer Zeit eine mit dem Leben unverträgliche Dosis.

Die Kohlensäure ist nicht das einzige giftige Produkt, welches durch den Lungenapparat beseitigt wird. Die Luft, die aus der Lunge kommt, der Atem, ist mit Wasserdampf gesättigt, und dieser Wasserdampf führt mit sich ein Produkt, das noch nicht klar bestimmt worden ist und sich nur in sehr geringer Menge findet, sich aber durch seine üblen Eigenschaften und seinen üblen Geruch verrät. Dies Produkt heißt *Miasma*. Wenn man morgens in einen Schlafsaal eintritt, wo eine große Anzahl von Personen die Nacht verbracht hat, wird man übel durch einen Geruch von unerträglichem Gestank, der mit keinem andern zu vergleichen ist. Dies ist der Geruch der Miasmen, welche die Lungen der Menschen ausgehaucht haben, die in demselben Raume geschlafen haben. Die Luft ist dadurch verdorben.

Die Haut eliminiert den Schweiß, ein Produkt, das zum größten Teile aus Wasser besteht (99 Teile von 100). Dieses Wasser

enthält aufgelöste Salze, Chlormetalle, Säuren, z. B. Milchsäure, und eine besondere stickstoffhaltige Säure, die man als *Schweißsäure* bezeichnet. Man findet in ihm aber auch Harnstoff, wie im Urin.

Neben dem flüssigen Teil der Hautausscheidungen ist aber auch deren gasförmige Ausscheidung, die Ausdünstung, von größter Bedeutung. Flüchtige Säuren der verschiedensten Art, sowie Kohlensäure in erheblicher Quantität dünsten durch die Haut aus. Aber die interessantesten Hautausdünstungen, welche am besten die giftige Natur der Ernährungsabfälle bezeugen, sind vom Standpunkte chemischer Analyse aus fast unbekannt und beweisen ihre Existenz nur durch Unfälle, die sie in einem Organismus hervorrufen, wenn sie nicht ausgeschieden werden. Ihre Giftigkeit wird durch folgenden Versuch an den Tag gelegt.

Man nimmt einen starken Hund, rasiert ihm vollständig die Haare des Felles und umgibt ihn mit einer Schicht von undurchdringlichem Lack oder Kollodium derart, daß auch nicht das geringste flüssige oder gasförmige Produkt den Körper des Tieres auf dem Hautwege verlassen kann. In dieser Weise schließt man alle die Produkte, welche seine Haut sonst nach außen abstieß, in den Organismus des Hundes ein. Durchschnittlich stirbt solch ein Tier in acht Stunden. Sokolow, ein russischer Physiologe, der diese Versuche anstellte, schreibt den Tod der Tiere, die mit solcher undurchdringlichen Hülle überzogen sind, einer Vergiftung durch nicht eliminierte Ausscheidungsprodukte zu.

Die Niere scheidet eine große Masse von Produkten organischer Zersetzung aus. Es würde zu weit führen, sie alle aufzuzählen. Die wichtigsten sind Verbrennungsreste der stickstoffhaltigen Substanzen: Harnstoff, Harnsäure und ihre Zusammensetzungen, die harnsauren Salze. Aber der Urin, wie alle Ausscheidungsprodukte, enthält außerdem noch manche unbekannte Produkte. Jedenfalls bestreitet niemand die Bedeutung, die es für den Organismus hat, sich zur rechten Zeit der durch die Urinsekretion mitgeführten Stoffe zu entledigen.

Wenn die Funktionen der Niere durch eine Krankheit, die die Struktur dieses Organs verändert, zerstört sind, so hat der

Urin nicht mehr dieselbe chemische Zusammensetzung und hört auf, die Stoffe mit sich zu führen, die er in gesundem Zustande befördert. Seine Zusammensetzung vereinfacht sich, er enthält sozusagen nur noch Wasser. Der Harnstoff und die anderen Abfälle des Verbrennungsprozesses des Lebens bleiben, da sie nicht mehr auf dem gewöhnlichen Wege ausgeschieden werden, im Blute zurück, wo man sie durch chemische Analyse wiederfinden kann. Alsbald entstehen die Unfälle der Urinvergiftung, welche Urämie genannt wird, die einen schnellen Tod herbeiführen.

Die bemerkenswerten Versuche von Buchard haben übrigens bewiesen, daß der Harn giftig ist, und daß die Injektion dieser Flüssigkeit in die Venen eines Tieres binnen kurzer Frist dessen Tod herbeiführen kann.

Der Darm ist eins der Ausscheidungsorgane, welches die größte Quantität von Verbrennungsabfällen nach außen befördert. Aber da er schon mit einer großen Masse von Nahrungsabfällen gefüllt ist, die er neben den Ausscheidungen der Leber, des Pankreas und einer Menge von Drüsen erhält, ist es sehr schwer, in diesem Gemisch das herauszufinden, was aus Zersetzungsprodukten stammt.

Eine einfache Beobachtungstatsache beweist, daß der Darm einen Teil seiner Ausscheidungsprodukte auch aus Abgängen von Verbrennungen erhält. Wenn die Verbrennungen durch außergewöhnliche Muskelarbeiten gesteigert werden, gibt es häufigere Entleerungen und werden die Stuhlgänge flüssiger. Der Darm scheint dann mit Stoffen in Berührung gekommen zu sein, die eine abführende Wirkung ausüben, und da diese nicht aus einer Veränderung in der Ernährungsweise stammen können, so können sie nur aus dem Organismus selbst stammen. Die durch Muskelarbeit vermehrten Ausscheidungsprodukte werden durch den Darm eliminiert und reizen seine Kontraktion, um häufigeren Stuhlgang zu verursachen.

Jedenfalls können die Darmfunktionen, ebenso wie diejenigen der Lunge, der Niere und der Haut, nicht ohne die größten Unzuträglichkeiten gehemmt werden. Bleiben die Fäkalstoffe zu lange in der Verdauungsröhre infolge einer Verletzung, die den

Darmkanal verstopft, so kann sich eine Reihe von Unfällen entwickeln, die man mit dem Namen Sterkoralvergiftung bezeichnet und die aus der Resorption der Zersetzungsstoffe sowie der Fäulnisstoffe der Nahrungsreste entspringen.

Die vier Organe, deren Ausscheidungstätigkeit wir summarisch dargelegt haben, sind nicht die einzigen, die mit der Elimination von Produkten betraut sind, von denen der Körper sich befreien will. Alle Drüsen können sich gegebenenfalls an dieser Funktion beteiligen, die man als Reinigung des Körpers bezeichnen kann. Man hat zufällig bei gewissen Ausscheidungen die Anwesenheit von Stoffen entdeckt, die eine giftige Wirkung haben können. Wenn man Speichel eines noch nüchternen Menschen in die Kopfpulsader eines kleinen Tieres injizierte, so hat man mehrfach schwere Zufälle beobachten können, dies beweist, daß der Speichel ebenso wie der Urin zur Ausscheidung von Zersetzungsstoffen beitragen kann, deren giftige Wirkung solche Beobachtungen beweisen.

Wenn wir die Folgerungen, die sich aus den in diesem Kapitel mitgeteilten Tatsachen ergeben, abschließend zusammenfassen, so können wir sagen, daß die Muskeltätigkeit, ebenso wie diejenige der inneren Organe, mit Erzeugung von Wärme verknüpft ist, die ihrerseits wieder aus chemischen Vorgängen entsteht, die man mit Verbrennungen vergleichen kann. Die lebenden Gewebe, durch welche diese Verbrennungsprozesse bestritten werden, werden dadurch in ihrer chemischen Zusammensetzung verändert und für den Lebensvorgang unbrauchbar und müssen jetzt unter verschiedenen Formen durch besondere Organe ausgeschieden werden.

Aber die Verbrennungsprodukte sind nicht nur schädlich für den Organismus, in dem sie zufällig zurückgehalten werden. Wenn sie von anderen Individuen absorbiert werden, können sie auch bei diesen dieselben Unfälle hervorrufen.

Wir haben schon von den Miasmen gesprochen, welche der Atem und die Hautausdünstung mit sich führt. Diese Stoffe, die sich in der ausgeatmeten Luft und in den Emanationen der Haut in fast unendlich kleiner Quantität finden, sind mit einer geradezu furchtbaren toxischen Kraft ausgestattet. Wenn meh-

rere Personen in einem engen Raume vereint sind, so wird die Luft desselben schnell verdorben; diese Luft ist aber nicht nur unangenehm durch ihren schlechten Geruch, sondern geradezu vergiftet und gefährlich einzuatmen. Hierauf beruht die große Gefahr bei Verschüttungen. Man kennt eine große Anzahl von Fällen, die beweisen, daß die schlimmsten Unfälle aus der Absorption dieses seinem eigentlichen Wesen nach noch unbekannten, aber äußerst giftigen Erzeugnisses des menschlichen Organismus veranlaßt sind, der als menschliches Miasma bezeichnet wird.

Die schwersten Symptome und selbst tödliche Unfälle hat man häufig bei Menschen beobachtet infolge eines langen Aufenthalts in einem zu engen abgesperrten Raum. Die Unfälle aus mangelnder Lüftung werden nicht durch Erstickung, sondern durch eine tatsächliche Vergiftung mit dem menschlichen Miasma verursacht.

Brown-Sequard und D'Arsonval haben in einer Mitteilung an die Akademie der Wissenschaften vom 16. Januar 1888 dargelegt, daß der menschliche Atem eins der wirksamsten Gifte enthält, ein Alkaloid, das fähig ist, ein Tier, dem man es injiziert, in zirka zwei Stunden zu töten.

ZWEITER TEIL / DIE ERMÜDUNG / DIE MUSKELERMÜDUNG / DAS SCHWERATMEN / DAS STEIFWERDEN / DIE ÜBERANSTRENGUNG / DIE ERSCHÖPFUNG / THEORIE DER ERMÜDUNG / DIE RUHE

I. DIE LOKALE ERMÜDUNG

Die experimentelle Ermüdung · Absolute und relative Ermüdung · Die Ermüdung unter den gewöhnlichen Bedingungen der Arbeit; sie ist immer relativ · Beispiele relativer und absoluter Ermüdung · Ursachen des Müdigkeitsgefühls · Ursachen der Muskelentkräftung · Einfluß der Verbrennungsabfälle; Übertragung der Ermüdung auf Muskeln, die nicht gearbeitet haben · Nutzen der Ermüdung · Rolle des Gehirns bei der Ermüdung · Die unbewußten Bewegungen ermüden weniger als die willkürlichen; praktische Folgerungen

Wenn man den Muskel eines lebendigen Tieres isoliert und einen elektrischen Strom durch diesen Muskel leitet, so beobachtet man, daß er sich zusammenzieht, solange der Strom ihn durchläuft. Zieht man jedoch diesen Versuch in die Länge, so kontrahiert der Muskel nach Ablauf einer gewissen Zeit sich schwächer; schließlich kontrahiert er sich gar nicht mehr; er ist ermüdet.

Anfänglich ist diese Ermüdung nur relativ, und der Muskel kann von neuem in Kontraktion treten, wenn man ihn mit Hülfe eines neuen Stromes reizt, der stärker ist, als der erste. Aber man gelangt zu einem Augenblick, wo die Ermüdung eine absolute wird, d. h. wo der Muskel vollständig die Fähigkeit verliert, sich unter Einwirkung einer kräftigeren Elektrisierung zusammenzuziehen.

Niemals erreicht ein menschlicher Muskel infolge von Arbeit den Zustand absoluter Ermüdung oder so vollständiger Unreizbarkeit, wie man sie bei einem Versuchstier erzielen kann. Dem stellt sich die schmerzhafte Empfindung entgegen, die der Mensch lange vor dem Moment, in dem der Muskel vollkommen unfähig zur Tätigkeit würde, erleidet. Unter dem Einflusse des Schmerzes, den die Muskelzusammenziehung hervorruft, unterbricht man die Arbeit und läßt den Muskel sich „ausruhen". Dies ist der wesentlichste Unterschied zwischen der wahren absoluten Ermüdung, wie man sie bei physiologischen Experimenten an Tieren hervorruft, und derjenigen, die man klinisch an einem arbeitenden Menschen beobachtet.

Was bei einem Menschen, der sich einer Übung widmet,

in der Ermüdung überwiegt, ist das subjektive Element, die schmerzhafte Empfindung, die es ihm nicht erlaubt, die Arbeit bis zur vollständigen Erschöpfung des Muskels fortzusetzen. Man kann sich die Anstrengung, die ein energischer Mensch macht, um eine Übung bis zu den letzten möglichen Grenzen zu treiben, vorstellen als Kampf zwischen dem Willen, der befiehlt, und der Empfindlichkeit, die sich auflehnt.

Auch ein noch so energischer Wille kann nicht dahin gelangen, die Spannkraft eines Muskels so vollständig zu erschöpfen, wie mechanische oder physische Agentien dies vermögen. Wenn ein ermüdeter Mensch darauf verzichtet, eine Anstrengung fortzusetzen, die er einige Zeit lang ausgehalten hat, so sagt man, daß seine Muskeln erschöpft sind: sie sind es aber noch lange nicht.

Der Beweis ist folgender:

Man weiß, daß eine der ermüdendsten Haltungen, die man einnehmen kann, die ist, den Arm horizontal zu halten. Es ist der Musculus Deltoideus, der fast die ganze Arbeit dieser Haltung auszuführen hat. Es gibt wenig Menschen, die stark genug sind, ihren Arm länger als fünf bis sechs Minuten ausgestreckt zu halten. Nach Ablauf dieser Zeit kann der Deltoideus es nicht mehr aushalten und der Arm sinkt. Dennoch ist der Muskel nicht erschöpft: Seine Fasern besitzen noch eine große Spannkraft und der Beweis liegt darin, daß gewisse Agentien, wie z. B. die Elektrizität, diese Bewegungskraft, über die der Wille keine Macht mehr hat, ins Spiel bringen können. Wenn man bei einem Manne, der den Arm gestreckt hält, wartet, bis das Müdigkeitsgefühl unerträglich wird und in dem Augenblicke, wo das Subjekt erklärt, am Ende seiner Kraft zu sein und den Arm sinken lassen will, in den Deltoides einen starken elektrischen Strom leitet, so scheint die Müdigkeit zu schwinden und der Arm bleibt gestreckt; der Muskel hatte also seine Kontraktilität noch nicht verloren.

Worauf beruht die lokale Ermüdung?

Diese Frage heischt eine doppelte Antwort: man muß sagen, warum die Arbeit die Muskelkontraktion in dem ermüdeten Gliede schmerzhaft macht, und ferner sagen, aus welchem Grun-

de der Muskel, der zu lange gearbeitet hat, schließlich die Fähigkeit sich zusammenzuziehen zeitweilig verliert.

Die oft wiederholte Zusammenziehung des Muskels wird mechanisch schmerzhaft infolge der wiederholten Erschütterungen und Zerrungen, welche sie in dem Muskel selbst und den benachbarten Geweben verursacht. Jede mechanische Tätigkeit, die auf die Muskelmassen ähnliche Pressungen, Bewegungen, Erschütterungen ausübt, wie sie die Arbeit mit sich bringt, kann auch ebensogut wie die Arbeit das Müdigkeitsgefühl hervorrufen. Man nennt *Massage* eine Reihe von Handgriffen, durch welche die Muskeln verschiedenen Erschütterungen unterworfen werden. Infolge einer solchen durch die Hand des Masseurs auf die Glieder ausgeführten Wirkung empfindet man dieselben Gefühle lokaler Ermüdung, welche die Muskelarbeit herbeiführt. Man ist daher berechtigt zu schließen, daß das Schmerzgefühl einer Region, die gearbeitet hat, derselben Ursache entstammt wie die einer Körpergegend, die massiert worden ist, d. h. einer mechanischen Wirkung.

Man kann sich übrigens diese Wirkung leicht erklären. Der Muskel wird von einer Menge sensitiver Nervenfäden durchzogen. Diese kleinen Zweige werden durch die Bewegung der Muskelfasern, die während der energischen Anspannungen bei der Arbeit schwellen und hart werden, gerieben und gezerrt. Die Muskelfasern selbst werden gezerrt, ebenso wie die Sehnen, und die Gelenke und Bänder erleiden wiederholt Reibungen. Somit entspringt aus einer Muskelarbeit oft ein wahrhafter Traumatismus für die ganze Gegend, die der Sitz der Arbeit ist, und die Wirkungen dieses Traumatismus können dieselben sein, wie wenn es sich um äußere Ursachen handelt, beispielsweise um Kontusionen. Häufig können, wie wir dies, wenn wir von den *Unfällen der Arbeit* handeln werden, sehen werden, Zerreißungen, Entzündungen, sogar Abszesse die Folge einer körperlichen Übung sein.

Aber der Muskel erduldet, abgesehen von diesen Ursachen des Unbehagens, noch andere weniger bekannte und interessantere. In der Muskelfaser gehen infolge der Verbrennungsprozesse, welche die Kontraktion begleiten, Ernährungsverände-

rungen vor. Jeder Muskel, der sich zusammenzieht, erwärmt sich, und diese Temperatursteigerung entsteht aus den chemischen Vorgängen, von denen wir im Kapitel über die Verbrennungen gesprochen haben. Die chemischen Vorgänge, die man unter dem Ausdruck „Verbrennungen" zusammenfaßt, verändern gründlich die Struktur der Gewebe, auf deren Kosten sie sich vollziehen, und diese Veränderung kommt durch neu gebildete Produkte zustande, die eine Zeitlang in dem Muskel zurückbleiben.

Diese Erzeugnisse üben auf den Muskel eine eigentümliche lähmende Wirkung aus und machen ihn unfähig, sich zusammenzuziehen. — Setzt man die Muskulatur eines Frosches der Einwirkung eines starken elektrischen Stromes aus und dehnt diese Einwirkung so lange aus, bis vollständige Ermüdung eintritt, so daß die Gliedmaßen des Tieres auch unter dem Einfluß der heftigsten Schläge nicht die geringste Zuckung mehr zeigen, so wird man in diesen ermüdeten Muskeln alsbald die für einen der merkwürdigsten Versuche erforderlichen Elemente erhalten. In der Tat enthält ihre Substanz, wenn sie in einem Mörser zerstampft und zu feinem Brei verkocht wird, ein Element, das fähig ist, die Ermüdung, aus der es entstanden ist, auf völlig gesunde und ausgeruhte Muskeln zu übertragen. Injiziert man diesen Extrakt ermüdeter Muskeln einem anderen Frosche, so ruft man in diesem Tiere alle Erscheinungen der Ermüdung hervor und die Glieder desselben können auch unter der Einwirkung der Elektrizität keine Bewegung vollziehen.

So entwickeln sich durch die Arbeit in den Muskeln Zersetzungsprodukte, die mit der Eigenschaft ausgestattet sind, die Muskelfasern ihrer Spannkraft zu berauben. Wenn diese Produkte nicht allzu reichlich sind, so werden sie schnell durch das Blut, das den Muskel durchströmt, fortgespült, und wenn sie sich nicht erneuern, so werden die durch die Arbeit verursachten Ernährungsstörungen schnell ausgeglichen. Aber wenn die Arbeit zu lange fortgesetzt wird, so häufen sich diese Produkte im Muskel zu übermäßiger Menge an. Sie können dann zeitweilig seine Spannkraft zerstören und sogar allgemein schwere

Unfälle hervorrufen, von denen wir in dem Kapitel von der „Überanstrengung“ handeln werden.

Man muß also schließen, daß der Schmerz, den man in einem Muskel empfindet, der fortgesetzten Kontraktionen unterworfen war, aus einer Reihe von kleinen Verletzungen entsteht, Zerrungen, Reibungen der empfindlichen Teile der Gegend, die gearbeitet hat, und daß die absolute Unfähigkeit, die man in ihm beobachtet, Folge einer Ernährungsstörung ist, die im Innern des Muskelgewebes durch Zersetzungsprodukte hervorgerufen wird, deren Berührung die dehnbaren Bestandteile zu lähmen scheint.

Man kann also behaupten, daß die Ohnmacht des ermüdeten Muskels selber indirekt die Ursache eines Unbehagens ist, da sie den Nervenzentren eine mühsame Anstrengung bereitet.

Die Erscheinungen, die man im Laboratorium bei Elektrisierung eines ermüdeten Muskels beobachtet, sind die getreue Nachahmung dessen, was im Organismus vorgeht, wenn der Wille ein durch Überarbeitung entkräftetes Glied zur Tätigkeit zu zwingen versucht. Ebenso, wie der durch gehäufte Entladungen ermüdete Muskel eines Frosches, um sich wieder zusammenzuziehen, eine Verstärkung des Stromes fordert, der ihn anregt, ebenso bedarf es im lebendigen Organismus einer Vermehrung des Willensantriebs, um einen erschöpften Arm zu galvanisieren und energische Bewegungen von ihm zu erhalten. Nun vollzieht der Wille seine Anstrengung durch Erschütterung der grauen Hirnsubstanz, und diese Erschütterung wird schmerzhaft, sobald sie übermäßig ist.

Die lokale Ermüdung ist also ein zugleich in den Muskeln selbst und im Gehirn stattfindendes Phänomen.

Der ermüdete Muskel empfindet Schmerz durch die Reibungen, die er erduldet, und wird in seiner Kontraktilität gelähmt durch die Berührung mit chemischen Stoffen, die aus den Verbrennungen der Arbeit stammen. Das Gehirn empfindet die Wirkungen der Müdigkeit durch die heftigere Erschütterung, die der Willensimpuls in seinen Zellen verursacht und die in dem Maße intensiver werden muß, in welchem der Muskel schwerfälliger darauf antwortet.

Während der Muskelarbeit steht das Ermüdungsgefühl manchmal in einem Mißverhältnis zu den Verletzungen, welche die Muskelfasern erdulden und zu den Ernährungsstörungen, die sie im Verlaufe der Arbeit erleiden. Alsdann ist das Gehirn früher erschlafft, als der Muskel. Das Willensorgan scheint einen Teil seiner anreizenden Kraft eingebüßt zu haben und empfindet ein übertriebenes Müdigkeitsgefühl. Der Mensch hat keine genaue Vorstellung mehr von der Energie, die seine Muskeln noch besitzen. — Dies kann man in allen Fällen beobachten, in denen eine niedergedrückte Stimmung ihren erschlaffenden Einfluß auf die Nervenzentren ausübt.

In der Auflösung, die einer verlorenen Schlacht folgt, schleppen sich die ebenso demoralisierten wie geschwächten Soldaten mühselig auf ihren Wegen dahin. Der Depressionszustand, in den die Niederlage versetzt, macht sie unfähig, gegen die Strapazen anzukämpfen, die sie zu einer anderen Zeit leicht ertragen würden. Ihre geschwollenen Füße, ihre zerschlagenen Beine, ihre steif gewordenen Lenden gestatten ihnen kaum, vorwärtszukommen. Gruppen von Nachzüglern sinken längs der Straße nieder, jedermann unterliegt der Ermüdung. Plötzlich ertönt das Geschrei: —„Dort kommt der Feind“ — augenblicklich findet jeder seine Beine wieder. Die steifen Glieder richten sich auf, die Knie strecken sich, die wunden Füße stemmen sich kräftig auf den Boden, und die, welche nicht mehr marschieren konnten, fangen an zu laufen. Ihre Muskeln hatten noch nicht die Fähigkeit zum Handeln eingebüßt, aber der Wille war nicht mehr kräftig genug, sie in Tätigkeit zu bringen. Es bedurfte eines mächtigeren Ansporns: der Furcht.

Zuweilen kann man auch die umgekehrte Erscheinung beobachten. Es kann vorkommen, daß eine heftige Erregung der Nervenzentren in gewisser Weise die Muskeln galvanisiert, wie dies ein sehr starker elektrischer Strom vermag. Alsdann kann das Lebewesen die ganze Spannkraft aufwenden, welche sie enthalten, und die Arbeit bis zur vollständigen Erschöpfung der Fasern, ja bis zur absoluten Ermüdung treiben. So, wenn eine dringende Gefahr den Menschen oder das Tier antreibt, die Anstrengung unter Verachtung des Schmerzes, den sie verursacht,

fortzusetzen. Ein gehetztes Wild flieht bis zu dem Augenblick, wo seine Beine vollständig versagen, wenn es gezwungen einhält, sind seine Muskeln im physiologischen Sinne des Wortes erschöpft und die heftigsten Reize vermögen keine Kontraktionen derselben mehr hervorzurufen.

Aber die Arbeit, die nötig gewesen ist, um die vollständige Ohnmacht des Muskels hervorzurufen, hat zu gleicher Zeit so tiefe Schädigungen des Organs und so schwere Störungen des Allgemeinbefindens zur Folge, daß das Tier eine solche Erschöpfung fast niemals überlebt.

II

Man erkennt an den vorstehenden Beispielen die wesentlichen Unterschiede zwischen einer bloß *subjektiven* Ermüdung, die sich durch eine Empfindung kennzeichnet, und einer *objektiven* Ermüdung, die auf einem besonderen Zustande des Muskels beruht.

Die objektive Ermüdung oder absolute Ermüdung beruht auf einer tiefen Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Muskeln, einer Veränderung, welche diesem Organ die Fähigkeit benimmt, seine gewöhnliche Funktion zu verrichten.

Die subjektive Müdigkeit ist wesentlich relativ und veränderlich, wie alle Empfindungseindrücke. Sie besteht in einem Mißbehagen, das durch einen leichten Schmerz im Muskel und durch eine sehr oberflächliche Modifikation seiner Struktur verursacht wird.

In den gewöhnlichen Fällen der Muskeltätigkeit ist die Ermüdung niemals absolut, und die Fälle, in denen der Mensch wirklich die ganze Spannkraft seiner Muskeln verbraucht, sind sehr selten. Das Gefühl der Müdigkeit hindert uns an genauer Einschätzung der Energie, die noch in der Muskelfaser ist, und zwingt uns zum Ausruhen lange bevor wir alle Kraft des mechanischen Motors verausgabt haben. — Ebenso benachrichtigt uns das Hungergefühl davon, daß der Körper der Nahrung bedarf, und diese Nachricht erhalten wir lange bevor der Organismus durch Mangel an Nahrung geschwächt ist.

Man kann sagen, daß das Ermüdungsgefühl die Wirkung hat,

uns vor einer Gefahr zu sichern. Es würde in der Tat eine Gefahr bestehen, die Arbeit bis zur vollständigen Erschöpfung der Muskeln zu treiben, bis zu dem Augenblicke, wo er unfähig würde, in Kontraktion zu treten; dann aber hätte das Organ bereits so starke Ernährungsstörungen erduldet, daß der ganze Organismus in Gefahr geriete, wie das beim gehetzten Wild der Fall ist.

Die Ermüdung bildet also bei den gewöhnlichen Lebenstätigkeiten eine Art von Manometer, der uns anzeigt, daß wir die Grenze nützlicher Übung erreicht haben und die Arbeit bald eine Gefahr wird.

Eine Anzahl physiologischer Tatsachen belehrt uns darüber, daß das Ermüdungsgefühl seinen Sitz mehr in den Nervenzentren als im Muskel hat. In allen Fällen, in denen die Muskelarbeit sich ohne Anteilnahme des Gehirns vollzieht, kann man beobachten, daß die Ermüdung viel langsamer eintritt; sie tritt umgekehrt um so intensiver auf, je lebhafter die Hirntätigkeit mit den Arbeiten, die man ausführt, verknüpft ist.

Viele Bewegungen sind unwillkürlich und unbewußt; die Bewegungen des organischen Lebens, die Herzschläge, die Atembewegungen. Alle diese Bewegungen, die sich ohne Mitwirkung des Gehirns und unabhängig von dem Willen vollziehen, veranlassen niemals die Empfindung der Müdigkeit.

Das Herz kontrahiert sich mit einer Kraft, die fähig wäre, bei jeder Zusammenziehung an vierzig Kilogramm um einen Zentimeter zu heben, und diese Kontraktionen wiederholen sich sechzigmal in der Minute. Welches unserer Glieder könnte auch nur eine Viertelstunde lang eine ähnliche Arbeit aushalten? Man kann dasselbe von den Muskeln behaupten, die unsere Atembewegung beherrschen. Sie machen sechzehn Bewegungen in der Minute und ruhen niemals aus: ihre Arbeit ist unausgesetzt von der Geburt bis zum Tode, ohne daß jemals Müdigkeit sich ihrer bemächtigt. Die Muskeln, die dem Willen gewohnheitsmäßig unterworfen sind, bezeugen dieselbe Unempfänglichkeit für Ermüdung, wenn sie unwillkürlich sich kontrahieren. In der hysterischen Spannung, bei der Katalepsie, im Hypnotismus kann das Subjekt, dessen Willen nicht mit ins Spiel kommt,

mit Leichtigkeit die ermüdendsten Stellungen ertragen, ohne müde zu werden. Bei der Chorea oder dem Veitstanz sieht man die Kranken in den heftigsten und kontinuierlichsten Bewegungen ohne Pause vom Morgen bis zum Abend rasen. Ein Mensch, der willkürlich dieselben Bewegungen ausüben wollte, würde nach sehr kurzer Zeit sie unterbrechen müssen, um sich auszuruhen. Indessen, diese Kranken beklagen sich niemals darüber, eine Empfindung der Müdigkeit gehabt zu haben.

So verursacht dieselbe Muskelarbeit die Ermüdung, wenn sie willkürlich ist, und tut dieses nicht mehr, sobald sie von dem bewußten Willen unabhängig wird, d. h. wenn das Gehirn an dem Muskelakt, den man vollzieht, nicht beteiligt ist.

Das Gehirn ist also aller Wahrscheinlichkeit nach der Sitz dieser Empfindung, die uns zwingt, die Arbeit lange vor der wirklichen Ermüdung des Muskels zu unterbrechen. Bei den willkürlichen Bewegungen ist die Müdigkeitsempfindung um so stärker, je mehr die Vorstellungstätigkeit des Gehirns mit der Muskelarbeit verknüpft ist. Die Übung, die von einer erheblichen Anspannung des Willens begleitet ist, wirkt ermüdender als eine, die man ohne besondere Aufmerksamkeit verrichten kann. Eine unbedeutende Arbeit, die wenig Kraft erfordert, kann uns oft sehr schnell ermüden, wenn sie mit fortwährender Aufmerksamkeit verrichtet wird, d. h. wenn der Wille sich keinen Augenblick ausspannen kann.

Ein Reiter, der die hohe Schule durchmacht, ermüdet sich im engen Raume einer Reitbahn weit schneller, als wenn er in freier Gangart eine weite Entfernung zurücklegen würde. Im ersteren Falle muß sein Wille mit regster Aufmerksamkeit alle Wirkungen der Schenkel- und Zügelhülfen verfolgen. Im zweiten Falle aber paßt sich der an die Gangarten des Pferdes gewöhnte Körper diesen automatisch an und das Gehirn kommt bei der Übung nicht in Frage. Nichts ist so wechselnd, wie die Empfänglichkeit jedes Individuums für die Ermüdung. Sehr nervöse und reizbare Subjekte empfinden diese schmerzhafte Nebenwirkung der Muskelarbeit oft allzu heftig und befinden sich dann in folgendem Dilemma: entweder schon bei dem ersten Ermüdungsgefühl einzuhalten und hinter dem Maß der Übung,

das ihnen notwendig wäre, zurückzubleiben, oder gegen die Ermüdung anzukämpfen und sich der nervösen Reaktion auszusetzen, die bei ihnen auf jeden sehr ausgesprochenen Schmerz folgt. Die nervöse Überreizung ist oft die Folge des Kampfes eines Menschen gegen das durch die Arbeit verursachte Mißbehagen und zwingt den Arzt, dem Patienten Übungen zu verbieten, die ihm eine wertvolle Gesundheitsförderung bilden könnten, wenn sie leichter von ihm ausgehalten würden.

In diesen Fällen kann man immer dazu gelangen, die Übung erträglich zu machen, aber man muß dann eine Form für sie erfinden, unter welcher sie die größte Chance hat, ausgehalten zu werden, d. h. diejenige Form, unter welcher sie die geringste Ermüdung erzeugt.

Wir können hier nur in großen Zügen das Verfahren angeben, das man in solchen Fällen zu befolgen hat, wo die Heilung durch Körperübung viel Takt und ein tiefes Studium jeder angewandten Übung erfordert, wir wollen hier nur folgendes Gesetz formulieren:

Bei gleicher Muskelarbeit ist das Ermüdungsgefühl um so stärker, als die Mitwirkung der Hirnfunktionen bei der Übung aktiver sein muß.

Folglich wird es für Patienten von sehr nervösem Temperament angezeigt sein, sich Übungen auszusuchen, die keine beständige Aufmerksamkeit erfordern, solche, deren Bewegung leicht und möglichst automatisch sind, z. B. den Marsch.

II. DIE ATEMNOT

Ein Dauerlauf · Die Übungen, die außer Atem bringen; der Trab und der Galopp; die Arbeit beim Steigen · Gesetz der Atemnot · Das Bedürfnis des Atemholens; Bedingungen, unter denen es sich steigert und abnimmt · Die Kohlensäure; ihre Erzeugung vermehrt durch Muskeltätigkeit; sie vermindert sich in der Ruhe · Der Schlaf des Murmeltiers · Erklärung des Gesetzes der Atemnot · Warum man beim Laufen außer Atem kommt · Warum das Pferd mit seinen Lungen galoppiert · Warum Beinübungen mehr außer Atem bringen als Armübungen · Der Koeffizient der Atemnot · Das Pferd, das seine Gangart verliert · Die Atemnot ist eine Selbstvergiftung durch Kohlensäure · Analogie mit Erstickung · Unmöglichkeit, gegen die Atemnot anzukämpfen

Haben Sie sich jemals in Sehweite eines Bahnhofs befunden mit der Furcht, den Zug zu verpassen? Sie haben noch fünfhundert Meter zurückzulegen, und die unerbittliche Uhr sagt Ihnen: noch zwei Minuten! Es gilt zu laufen, und Sie sind seit vielen Jahren an die mäßige Gangart eines Menschen gewöhnt, der sich seiner Beine nur zum Spazierengehen bedient und einen Wagen nimmt, wenn er es eilig hat. Aber Sie bestehen darauf, abzureisen, und so fassen Sie mit beiden Händen Ihren Mut zusammen und nehmen einen Anlauf mit aller Schnelligkeit.

Die Beine sind stark und verursachen Ihnen beim Laufen keine Beschwerde. Gleichwohl bemächtigt sich Ihrer nach wenigen Sekunden ein eigenartiges Mißbehagen. Die Atmung wird beklommen: es ist, wie wenn ein Gewicht Ihre Brust belastete, wie wenn ein Riegel sich davorschöbe. Das Atemholen wird stoßweise, keuchend, unregelmäßig. Mit jedem Schritte steigert und verallgemeinert sich das Übelbefinden. Jetzt pocht es heftig in Ihren Schläfen, eine unerträgliche Hitze steigt Ihnen zu Kopfe, ein Ring wie von Eisen umklammert die Stirn. Einen Augenblick später saust es in den Ohren, flimmert es vor den Augen und Sie haben nur noch einen wirren Eindruck von den Gegenständen, an denen Sie vorbeieilen und den Leuten, die sich umwenden, um Ihr blasses und verstörtes Aussehen zu betrachten.

Endlich sind Sie am Ziele. Im Augenblick, da die Lokomotive pfeift, sinken Sie ohnmächtig auf das Polster Ihres Wagenabteils. Hier setzt sich, ungeachtet der Genugtuung mitzukommen und der Erleichterung des Sitzens, das Übelsein fort. Noch mehrere Minuten lang mangelt es Ihnen an Luft, und die beschleunigten Bewegungen Ihrer Brust machen Sie einem Menschen ähnlich, der einen heftigen Anfall von Asthma hat.

Dies nennt man „Außeratemsein".

Es ist selten, daß man sich über solch ein täglich zu beobachtendes Vorkommen wundert und es scheint für jedermann das Natürlichste auf der Welt zu sein, daß man durch Laufen außer Atem kommt. Und dennoch, denkt man darüber nach, gibt es in dieser Tatsache des „Außeratemkommens" beim Laufen einen Punkt, der uns überraschen sollte: wenn man läuft, sind es die Beine, welche arbeiten, und die Lunge ist es, die sich ermüdet.

I

Man findet nirgends eine methodische Darstellung und rationelle Erklärung des „Außeratemkommens". Diese Form der Ermüdung hat bislang noch nicht den Gegenstand einer Monographie gebildet; sie wird in keinem der großen medizinischen Wörterbücher, in keinem physiologischen Lehrbuch behandelt.

Gleichwohl gibt es kein banaleres und häufiger beobachtetes Ereignis, als dieses „Außeratemsein"; und kaum eines ist interessanter, wenn man es vom Standpunkt der hygienischen und therapeutischen Ergebnisse der Muskelarbeit ins Auge faßt.

Das „Außeratemkommen" ist eine Beschwerde, die im Verlauf einer heftigen Übung oder anstrengenden Muskelarbeit entsteht, und die sich durch ein gesteigertes Bedürfnis Atem zu holen und durch eine eingreifende Störung der Funktion der Atmungsorgane kennzeichnet. — Dieser Zustand ist nur eine besondere Form der Atemnot überhaupt und bietet das allgemeine Bild der Symptome, die mit einer Unzulänglichkeit der Blutbereitung verknüpft sind. Er unterscheidet sich jedoch von den Atembeschwerden, die man bei Krankheiten beobachtet, durch gewisse besondere Zeichen, die wir ins Auge fassen werden

und durch die Bedingungen, unter denen er eintritt, sowie durch den Mechanismus seines Zustandekommens.

Wenn wir festzustellen versuchen, unter welchen Bedingungen das „Außeratemkommen" während der Arbeit eintritt, so wird uns zunächst die Tatsache auffallen, daß gewisse Übungen, gewisse Bewegungen das Privileg besitzen, die Atmungsfunktion schneller zu beeinflussen als andere.

Bei gewissen Muskeltätigkeiten nimmt die Ermüdung die Form der Atembeschwerde an, und diese Beschwerde zwingt das Subjekt, die Arbeit zu unterbrechen, lange bevor die Muskeln ermüdet sind. Ein Mensch, der läuft oder eine steile Treppe hinaufsteigt, sieht sich genötigt, anzuhalten, nicht um seine Beine auszuruhen, sondern um „zu verschnaufen".

Bei anderen Übungen dagegen ermüden die Muskeln eher und versagen die Fortsetzung der Arbeit lange, bevor man außer Atem kommt. Erklettern einer Leiter durch bloße Armkraft, Heben von Hanteln, Stemmen von Gewichten mit den Armen, sind Bewegungen, welche die Gliedmaßen ermatten, bevor sich ausgesprochene Störung der Atemfunktionen einstellen. Wenn man sich gezwungen sieht, diese Übungen zu unterbrechen, so ist es nicht der Mangel an Atem, sondern die Erschöpfung der Muskelkraft, was uns dazu nötigt.

Bei den Tieren hat man bemerkt, daß ebenfalls gewissen Gangarten, gewisse Arbeitsformen mehr im besondern die Atmungsbeschwerde mit sich bringen, während andere vorwiegend die Ermüdung der Glieder herbeiführen.

Das Pferd, sagen die Zureiter, trabt mit seinen Schenkeln und galoppiert mit seinen Lungen. — Dieser Satz drückt in seiner humoristischen Weise sehr gut die Bedeutung der Gangart für die Erzeugung der Atemnot aus. Warum kommt ein Pferd in Galopp schneller außer Atem als im Trab? Der erste Gedanke, der einem kommt, ist der der größeren Schnelligkeit das frühere Eintreten der Atembeschwerde zuzuschreiben. Aber man darf Gangart und Geschwindigkeit nicht verwechseln. Die Gangart des Galopps ist nicht unvereinbar mit einem sehr gemäßigten Tempo. Man kann den Galopp eines Pferdes so sehr verkürzen, daß man es zwingt, hinter einem anderen Pferde, das trabt, zurückzubleiben.

Man hat selbst ausgezeichnet dressierte und gut eingerittene Pferde, um den Reitbahnausdruck anzuwenden, so weit gebracht, daß sie im Galopp so langsam gehen können als wie im Schritt. Nun aber bringt ein Galopp, sei er noch so verkürzt, ein Pferd rascher außer Atem, als der Trab bei gleicher Geschwindigkeit.

Das Außeratemkommen tritt also nicht unter denselben Bedingungen ein, wie die lokale Muskelermüdung, und gewisse Übungen scheinen das Privileg zu besitzen, besonders die Atmung zu beeinflussen.

Sucht man nach einer Erklärung hierfür, so ist es natürlich, zunächst zu fragen, ob die Übungen, die außer Atem bringen, nicht einen direkten Einfluß auf die Organe ausüben, ob sie z. B. das ins Spiel treten von Muskeln der Brust und des Rückens fordern, deren Kontraktionen die Tätigkeit der Rippen erschweren. Aber diese Hypothese wird auf den ersten Blick hinfällig. Denn die Übungen, die bei Menschen die Atemnot am meisten herbeiführen, sind nicht solche, welche die Arbeit der oberen Gliedmaßen und somit die unmittelbare Mitwirkung der Brustmuskeln fordern. Der Lauf, der Sprung, das Ersteigen eines abschüssigen Abhangs, sind unter allen bekannten Übungen solche, die am schnellsten Atembeschwerde herbeiführen und sie vollziehen sich mit den unteren Gliedmaßen, deren Muskeln nicht höher hinaufreichen, als bis zum Becken, und keine direkte Wirkung auf den Brustkasten haben.

Nach unserer Ansicht ist es unmöglich, die Tendenz dieser oder jener Muskelübung Atemnot zu erzeugen zu erklären, wenn man sie lediglich auf die Eigentümlichkeiten der Bewegung und Haltung gründet, welche diese Übungen erfordern.

Einige Autoren, die zufällig das Außeratemkommen erwähnen, scheinen diese Ermüdungsform dem Mechanismus der Übungen selbst zuzuschreiben, welche außer Atem bringen, und der direkten Beschwerde, die mit ihnen für die Atembewegungen verknüpft sei.

Das Außeratemkommen während des Laufes, sagt Michel Levy, kommt daher, daß der Läufer, unfähig die tiefen und langen Atemzüge zu machen, deren er für den Erfolg seiner Anstrengungen bedarf, sie zu ersetzen sucht durch Häufigkeit

seiner Atembewegungen, um soviel als möglich seine Wirbelsäule und seine Brust zu fixieren. (Michel Levy, traité d'hygiène.)

Wir erwähnen diese Ansicht, um zu zeigen, wie sehr im allgemeinen die Schriftsteller, die über Muskeltätigkeit geschrieben haben, zu Schlußfolgerungen neigen, die ihnen vernunftgemäß erscheinen, anstatt die Tatsachen selbst zu beobachten. In Wahrheit gründet sich die Meinung Michel Levys auf einen Irrtum in der Beobachtung, den jeder bei sich selber berichtigen kann, wenn er sich nicht fürchtet, einen Lauf von einer oder zwei Minuten zu wagen. Bei dem Menschen, der läuft, ist es nicht das *Ein*atmen, was ihm schwer fällt, sondern das *Aus*atmen. Man empfindet bei dieser Übung keine Schwierigkeit, die Luft in die Brust hineinzubringen; im Gegenteil ist es der Austritt der Luft, der schwer und unvollständig wird. Nach Beobachtungen, die ich an mir selbst und an einem Freunde gemacht habe, der die Liebenswürdigkeit besaß, diese Forschung zu unterstützen, ist die Einatmung frei, leicht, tief und dreimal so lang als die Ausatmung. Letztere dagegen ist kurz, unzulänglich und läßt den Eindruck eines unvollständig befriedigten Bedürfnisses. Ferner ist der sehr eigentümliche Rhythmus des Atmens bei einem Menschen, der läuft, nicht bloß beim Mechanismus des Laufes zu beobachten. Denn er findet sich wieder bei allen Übungen, die außer Atem bringen, welches auch ihre Form sei, und überdies bleibt er noch lange Zeit bestehen, wenn die Übung schon aufgehört hat. Man kann also nicht sagen, daß diese Form der Atmung mit Muskelspannungen oder gezwungenen Haltungen zusammenhängt, da sie sich selbst dann beobachten läßt, wenn alle Muskeln entspannt sind und der Körper wieder in die Ruhelage zurückgekehrt ist.

Das unregelmäßige Atmen bei allen Übungen, die „außer Atem bringen", ist nicht die erste Ursache der Atemnot; es ist im Gegenteil ihre Folge. Diejenige Erklärung der Atembeschwerden, die sich auf mechanische Behinderung der Atmungsbewegungen stützt, ist weit entfernt, auf alle Übungen, die außer Atem versetzen, und alle Umstände des „Außeratemseins" anwendbar zu sein.

Sucht man nach einer Bedingung, die allen Übungen, allen

Muskeltätigkeiten gemeinsam ist, die für fähig gehalten werden, schnell Störungen der Atmungstätigkeit herbeizuführen, so ist man erstaunt, zu sehen, daß sie sämtlich eine große Kraftausgabe innerhalb kurzer Zeit verlangen. Dies ist unserer Ansicht nach die wesentliche Bedingung des Außeratemkommens.

Es gibt noch andere Bedingungen, welche die Erzeugung der Atembeschwerde im Verlauf einer Übung begünstigen, sei es, daß sie einen Augenblick den Atem anhalten, wie man dies im Phänomen der „Anstrengung" beobachtet, sei es, daß sie die Brustmuskeln zwingen, sich an einer Übung zu beteiligen, die sie von ihrer Atmungstätigkeit ablenkt. Aber diese Bedingungen haben nur eine vorübergehende Bedeutung und liefern nur einen schwachen Beitrag zur Atemnot. Die Umstände, die geeignet sind, mechanisch die Respiration zu erschweren, spielen eine nur nebensächliche Rolle, als Komplikationen, die das Außeratemkommen beschleunigen oder erschweren; aber sie können nicht selber eine längere und nachhaltige Atembeklemmung herbeiführen, wenn sie nicht mit Muskeltätigkeiten verknüpft sind, die eine große Summe von Arbeit verlangen.

Um sich davon zu überzeugen genügt es, experimentell nachzuahmen, was bei gewissen Muskeltätigkeiten, die ein Anhalten des Atems bedingen, vorgeht.

Macht man einen tiefen Atemzug und unterwirft die in die Brust eingesogene Luft unter Schließung der Stimmritze einer starken Kompression, indem man die Ausatmungsmuskeln zusammenzieht, so befindet man sich in allen physiologischen Bedingungen der Körperanstrengung. Das blutgerötete Antlitz, die hervortretenden Halsadern, die stark gehobenen Rippen, der in der Position erzwungener Einatmung unbewegliche Brustkasten geben vollständig das Bild eines Menschen, der eine schwere Bürde vom Boden hebt, um seine Schultern damit zu belasten. Aber es fehlt die Bürde und die Ausgabe der Muskelkraft, welche diese fordert. Auch vollzieht sich, trotzdem der Atem vollständig angehalten wird, die Atembeklemmung keineswegs infolge einer sehr großen Anzahl scheinbarer Anstrengungen, während sie sofort eintritt infolge einer sehr kleinen Anzahl wirklicher Anstrengungen, die von intensiver Muskelarbeit begleitet sind.

Was in dem Akt der Anstrengung außer Atem setzt, ist die Quantität der geleisteten Arbeit und nicht die besondere Haltung, zu der die Arbeit zwingt, und die momentane Unterbrechung des Atmens, die daraus hervorgeht. Es ist ein Fehler in der Analyse dieser beiden Elemente eines zusammengesetzten Aktes, wenn mehrere Gelehrte das durch gewisse Uebungen veranlaßte Schweratmen auf die momentane Suspension der Atembewegung während des Aktes der Anstrengung zurückführen. Selbst vollständige Einstellung der Atmung kann für sich allein die Erscheinungen, die man bei den Personen, die außer Atem sind, beobachtet, nicht hervorrufen. Sie erzeugt die Atemangst und diese setzt sich fort, so lange das Aussetzen der Funktion dauert; aber sobald die Bewegungen wieder frei werden, schwindet das Übelbefinden und die Atmung nimmt sofort wieder ihren regelmäßigen Rhythmus an. Das „Außeratemsein" dagegen setzt sich noch lange Zeit fort, nachdem die Übung aufgehört hat, was beweist, daß seine Ursache tiefer und dauerhafter ist als ein momentanes Anhalten der Atmungsfunktionen bedingen würde.

Wenn man alle Übungen, welche die Eigentümlichkeit besitzen, ein Schweratmen mit sich zu führen, einer Musterung unterwirft und sie aufmerksam analysiert, so findet man stets die Bestätigung dieses Gesetzes, daß eine stark empfundene Atemnot sich an eine große Quantität in kurzer Zeit verausgabter Kraft knüpft.

Analysieren wir einen der einfachsten Akte, das Ersteigen einer Treppe. Keine Arbeit bringt schneller außer Atem, als dieses, aber keine erfordert auch eine größere Kraftausgabe. Nehmen wir an, man steige in mäßiger Geschwindigkeit zwei Stockwerke in der Minute hinauf, derart, daß man zwei Minuten braucht, um vier Etagen zu steigen, deren Höhe auf 20 m geschätzt sein mag. Eine Person, die 75 kg wiegt, hätte alsdann in zwei Minuten ihr Gewicht um 20 m hoch gehoben, folglich eine Arbeit von $75 \cdot 20 = 1500$ kgm geleistet.

Wenn man die Summe der bei diesem Treppensteigen geleisteten Arbeit auf eine andere Form zurückführen will, so wird man erstaunt sein, zu sehen — wenn es sich darum handelt,

Gewichte zu heben —, daß man, um das Äquivalent der Besteigung einer vierten Etage zu leisten, nach und nach dreißig Gewichtstücke von je 100 Pfd. vom Boden aufheben und auf einen Tisch von einem Meter Höhe setzen müßte und zwar dies im Zeitraum von zwei Minuten.

Es liegt für jedermann klar zutage, daß die Arbeit unter dieser Form eine sehr anstrengende Übung darstellen würde, aber die Arbeit, vier Etagen zu steigen, ist so etwas gewöhnliches, daß man nicht an die Kraftausgabe mehr denkt, die sie verlangt. Ebenso verhält es sich mit allen Tätigkeiten, durch die der Körper gehoben wird, z. B. mit dem Marsch auf ansteigendem Gelände, der Ersteigung eines Berges. In allen diesen Fällen wird der menschliche Körper, ein erhebliches Gewicht, auf einer mehr oder weniger schiefen Ebene in die Höhe gezogen und dieser Ortswechsel fordert einen großen Kraftaufwand.

Derselbe Schluß ergibt sich, wenn man ergründet, was mit einem Menschen vorgeht, der läuft.

Bei jedem Laufschritt gibt es einen Augenblick, wo beide Füße den Boden gleichzeitig verlassen und wo der Körper, ohne von seinen Beinen gestützt zu werden und lediglich vermöge des Muskelantriebs, der ihn vom Boden schnellt, gewissermaßen im Raume schwebt. Dieser Schwung, der eine enorme Arbeit darstellt, wiederholt sich drei- oder viermal in der Sekunde. Während des Marsches dagegen wird der Körper von einem der beiden Füße gestützt und verläßt niemals den Boden. — Diese Einzelheiten zeigen klar den großen Unterschied der Arbeit im Marsche im Vergleich mit derjenigen des Laufens.

Stellen wir fest, daß beim Laufen das „Außeratemkommen“ weniger durch die Geschwindigkeit der Fortbewegung, als vielmehr durch die Art der Raumveränderung, in welcher der Körper sich bewegt, verursacht wird. Die Schnelligkeit in der Bewegung genügt nicht, um das „Außeratemkommen“ herbeizuführen, wenn sie nicht mit der Intensivität der Muskelanstrengung verbunden ist. Auch darf man nicht auf die Schnelligkeit einer Übung sehen, um den Grad der Atembeschwerde vorauszubestimmen, den sie hervorrufen muß.

Man kann, wie wir gesagt haben, den Galopp eines Pferdes

derart verkürzen, daß er weniger schnell ist, als ein beschleunigter Trab, und wird doch allemal bemerken, daß das Pferd beim Galoppieren weit mehr ins Schnaufen kommt, als beim Traben. Dies kommt daher, daß der Galopp des Pferdes eine höhere Gangart bildet als der Trab, wie dies die Versuche Mareys klargestellt haben. Das galoppierende Pferd hebt seinen Körper zu viel größerer Höhe vom Boden auf, als das trabende und vollzieht somit eine größere mechanische Arbeitsleistung. Dieser Unterschied in der Quantität der verausgabten Kraft bewirkt es, daß der Trab bei gleicher Geschwindigkeit das Tier immer weniger außer Atem bringt, als der Galopp.

Es würde leicht sein, die Beispiele zu vermehren. Diejenigen, welche wir angeführt haben, genügen, um die wahre Bedingung des „Außeratemkommens" klarzustellen, diejenige, ohne welche keine Atembeschwerde von Dauer sich einstellt, ist die große Kraftaufwendung, die eine Übung in sehr kurzer Zeit erfordert.

Mit Ausschaltung jeglichen individuellen Unterschiedes kann man sagen:

Bei jeder Muskeltätigkeit steht die Stärke der Atembeschwerde in direktem Verhältnis zu der in einer gegebenen Zeit verausgabten Kraftmenge.

Das Außeratemkommen ist eine *allgemeine* Wirkung, eine Resultante. Es ist das Ergebnis der Totalität der Arbeit, die von der Gesamtheit der Muskeln verrichtet wird, die bei einer Übung mitwirken. Die Muskelermüdung dagegen ist eine lokale Wirkung. Sie steht im Verhältnis zu dem Arbeitsanteil, der bei der Ausführung einer Übung individuell auf jeden dabei beteiligten Muskel entfällt.

Eine Arbeitsmenge, die zu schwach ist, um die Erscheinung des Schweratmens herbeizuführen, wird doch Ermüdung herbeiführen, wenn die Anstrengung von einer kleinen Anzahl von Muskeln oder sehr schwachen Muskelgruppen bestritten wird. Wenn umgekehrt die Übung sich über eine große Zahl von Muskeln verteilt oder von mächtigen Muskelmassen ausgeführt wird, so wird die von jedem Kontraktilfaserbündel verrichtete Arbeit zu schwach sein können, um lokale Ermüdung herbeizuführen,

während die Summe der von allen geleisteten Arbeit genügend ist, um das „Außeratemsein“ herbeizuführen.

Das Außeratemsein ist die allgemeine Form der Ermüdung. Wenn man von der Muskelübung ihre allgemeinen Wirkungen erzielen will, so muß man Übungen wählen, die außer Atem bringen, und nicht solche, die müde machen. Die letzteren bringen hauptsächlich nur lokale Erfolge hervor.

Schließlich kann man bei der Dosierung der Körperübungen das Außeratemkommen als eine Art von physiologischem Maßstab betrachten, der die Intensität der Arbeit, welcher der Organismus sich unterzogen hat, sicherer angibt, als die Muskelermüdung. Wenn der Patient nicht außer Atem kommt, kann man sagen, daß die Wirkung mäßig ist, oder wenigstens, daß sie, wenn man sich so ausdrücken will, in bruchteiliger Dose genommen wird. Allemal dagegen, wenn sich schnell eine Atmungsbeschwerde einstellt, kann man behaupten, daß in kurzer Zeit eine große Arbeitsmenge geleistet und folglich die Übung in starker Dose genommen worden ist.

Gewisse Übungen, die auf den ersten Blick maßvoll erscheinen, werden darnach, wie sie es verdienen, für schwer erkannt werden, wenn man sie unserem Kriterium unterwirft.

So z. B. verrichtet ein Mädchen, das Strick springt, in Wahrheit eine viel angreifendere Übung, als ein Bootsknecht, der rudert, oder ein Gymnastiker, der am Trapez arbeitet.

Um also zu resümieren, wenn gewisse Übungen mehr als andere außer Atem bringen, so verdanken sie dieses Ergebnis nicht den besonderen Bewegungen oder Körperhaltungen, die sie mit sich bringen. Der Eintritt von Atembeschwerden ist nicht die Folge der Kontraktion bestimmter Muskeln oder der Umstellung bestimmter Knochenhebel, oder des für gewisse Organe während der Übung eintretenden mechanischen Zwangs: es wird durch die exzessive Kraftaufwendung veranlaßt, welche die Übung erheischt.

Es war von Wichtigkeit, die Bedingungen, unter denen das Außeratemsein eintritt, klar darzulegen; denn diese Bedingungen werden uns instand setzen, die erste Ursache der Atembeschwerde aufzufinden.

II

Wenn ein schweratmender Mensch sich selber zu beobachten und die unruhigen Empfindungen zu analysieren versucht, die er erleidet, so wird es ihm sehr schwer fallen, sein Mißbehagen genau zu beschreiben und es in bestimmter Weise in diesen oder jenen Teil seines Körpers zu verlegen. Ein Gefühl jedoch beherrscht alle andern und kommt ihm deutlich zum Bewußtsein: er empfindet ein gesteigertes Bedürfnis Atem zu holen, das zu befriedigen ihm schwer fällt.

Die Steigerung des Bedürfnisses, Atem zu holen, ist das wesentlichste Kennzeichen des „Außeratemseins". Und worin besteht das Bedürfnis, Atem zu holen? Unter welchen Bedingungen wird es erzeugt, und warum führt die Steigerung der Muskelarbeit eine Steigerung dieses Bedürfnisses mit sich? Diese Fragen müssen gelöst werden, soll das Band gefunden werden, welches das „Außeratemsein" mit der Muskelübung, die es verursacht, verknüpft.

Das Bedürfnis, Atem zu holen, ist eine Art von Regulator der Atemfunktion. Es ist eine Empfindung, die das Individuum antreibt, die Zeitfolge und Größe der Lungentätigkeit zu vermehren nach Maßgabe des größeren oder geringeren Bedarfs, der für den Organismus besteht, sich zu hämatosieren, d. h. dem Venenblute die Eigenschaften des arteriellen Blutes mitzuteilen, durch Ersetzung der überschüssigen Kohlensäure durch Sauerstoff, der der atmosphärischen Luft entlehnt wird.

Weder der Hunger noch der Durst, noch irgendein anderes natürliches Bedürfnis erzeugt im Organismus eine so plötzliche Störung, wenn es nicht befriedigt wird, wie das Bedürfnis der Atmung. Denn kein anderes Bedürfnis ist so eng mit der Erhaltung des Organismus verknüpft. Die Atmung hat in der Tat den Zweck, uns gegen eine sehr dringliche Gefahr zu verteidigen, indem sie die Kohlensäure aus dem Blute vertreibt, ein wirkliches Gift, dessen Anhäufung im Lebenshaushalt binnen wenigen Minuten den Tod herbeiführen kann.

Die Kohlensäure ist ein Zersetzungsprodukt des vitalen Verbrennungsprozesses. Sie bildet sich unaufhörlich im Organismus

während der ganzen Zeit, innerhalb deren die tierische Wärme erzeugt wird, d. h. während des ganzen Lebens. Daß der Organismus unter gewöhnlichen Verhältnissen davon keinen üblen Einfluß merkt, ist nur dem Umstande zu verdanken, daß er ihn unausgesetzt durch die Lunge ausscheidet.

Ohne Nachteil vermag der Organismus nur eine begrenzte Dosis Kohlensäure zu ertragen.

Sobald diese Dosis überschritten wird, stellt sich sofort ein Unwohlsein ein. Dieses Unwohlsein, das man als Atembeklemmung, als Atembeschwerde, Dyspnoea bezeichnet, ist ein Warnungssignal gegenüber der Anhäufung eines giftigen Stoffes im Blut.

Die Anwesenheit überschüssiger Kohlensäure im Blute ist der Ausgangspunkt der Empfindung, die uns instinktiv und oft selbst unserem Willen zum Trotz antreibt, den Atmungsapparat ins Spiel zu setzen.

Alle Umstände, die mehr oder weniger die im Blut vorhandene Menge von Kohlensäure verändern, verändern auch in gleichem Verhältnisse die Intensität des Bedürfnisses, Atem zu holen und die Häufigkeit der Atembewegungen, — ein Zeichen, durch das sich dieses Bedürfnis äußerlich kundgibt.

Allemal, wenn der Organismus weniger Kohlensäure als in gewöhnlichem Zustande hervorbringt, nimmt das Bedürfnis, Atem zu holen, ab und mäßigen sich die Atembewegungen. Dies beobachtet man während des Schlafes. Ein schlafender Mensch erzeugt weniger Kohlensäure als ein wachender, seine Atemzüge sind daher ruhiger und weniger zahlreich.

Die sehr enge Beziehung, die zwischen der Minderung der Kohlensäure im Haushalt des Lebens und der Abschwächung des Atmungsbedürfnisses besteht, läßt sich besonders gut am Winterschlaf gewisser Tiere beobachten.

Nach mehreren merkwürdigen Beobachtungen von Regnault ist die Kohlensäureerzeugung beim Murmeltier im Winterschlafe dreißigmal so gering als im Zustande des Wachens. Man hat nun auch eine überraschende Verminderung des Atmungsbedürfnisses bei dem Tiere im Zustande seines Winterschlafes beobachtet. Umgekehrt ist festzustellen, daß beim Erwachen sich die Kohlensäureproduktion plötzlich vermehrt und daß mit demselben

Zeitpunkte auch das Atmungsbedürfnis sofort seine ganze Stärke wiedergewinnt.

Ein im Winterschlafe befindliches Murmeltier wurde unter eine Glasglocke von geringer Dimension gesetzt und die Ränder der Glocke wurden mit Kitt auf dem Tische befestigt, auf den der Apparat gestellt war. Auf diese Weise konnte die äußere Luft nicht unter die Glocke gelangen, und die Atmung des Tieres war auf die kleine Quantität Luft beschränkt, die sein Gefängnis enthielt. Solange sein Schlaf dauerte, unterhielt sich die Respiration hinlänglich, und das Tier konnte mehrere Tage mit dieser fast unendlich geringen Dosis von Sauerstoff leben, ohne ein Zeichen von Unwohlsein von sich zu geben. Eines Tages erweckte man das Murmeltier durch einen heftigen Stoß gegen die Glocke. Kaum aus dem Schlafe erwacht, bekundete das Tier durch seine Unruhe und die unregelmäßigen Bewegungen seiner Brust eine große Atemnot und starb nach wenigen Minuten den Erstikkungstod. Die Dosis Luft, die ihm genügt hatte, das Leben vor dem Erwachen zu erhalten, genügte ihm nicht mehr, sobald es einmal aus dem Winterschlaf erweckt war. Das Erwachen hatte plötzlich die Aktivität des Organismus gesteigert, die Kohlensäureerzeugung erheblich vermehrt, und die Sättigung des Blutes mit diesem Gas hatte das Bedürfnis zu atmen so gesteigert, daß die allzugeringe Luftmenge unter der Glocke ihm nicht mehr genügte.

Wenn das Atmungsbedürfnis abnimmt, wenn das Verhältnis der im Blute befindlichen Kohlensäure geringer als im Normalzustande ist, so vermehrt es sich umgekehrt allemal, wenn dieses Gas zu reichlich wird. Wenn die Kohlensäure allmählich eine zu hohe Dosis zu erreichen beginnt, so nimmt das Bedürfnis zu atmen den Charakter der starken Atemnot an, der Angst und Beklommenheit und ruft Atembewegungen von mehr und mehr größerer Energie und Frequenz hervor. Wenn man Kohlensäure in die Adern eines Hundes injiziert, so beschleunigt sich dessen Respiration, sie wird gepreßt und angstvoll, das Tier zeigt eine zunehmende Atembeklemmung. Wenn man die Injektion ohne Aufhören fortsetzt, so verschlimmern sich die Symptome beständig, und das Tier geht schließlich ein mit den Er-

scheinungen des Erstickungstodes. Kein Versuch kann den Wert des vorstehenden entkräften. Er beweist in peremptorischer Weise, daß das Bedürfnis zu atmen sich steigert, wenn die Kohlensäure im Blute im Überfluß vorhanden ist und nicht nur wie man hat behaupten wollen, wenn die Sauerstoffquantität ungenügend ist. In dem Beispiel, das wir anführen, sind die Atmungswege des Hundes frei, nichts kann den Sauerstoff der Luft hindern, in normaler Quantität in seine Lunge zu gelangen; dennoch tritt die Atemnot ein und die Zufälle der Erstickung können tödlich werden.

Das Bedürfnis, Atem zu holen, wächst also im Verhältnis zur Quantität der Kohlensäure, die sich im Blut anhäuft.

Beim Menschen können verschiedene Ursachen die Anhäufung von Kohlensäure im Haushalt des Organismus herbeiführen. Sie kann von außen durch die Atmungswege eingeführt werden, und man beobachtet dann ähnliche Zufälle, wie wir sie bei dem Versuch am Hunde nachgewiesen haben. So z. B. können die Ausströmungen eines in Gärung befindlichen Winzerfasses den Tod durch Erstickung herbeiführen.

Dieselben Unfälle können sich ereignen, wenn die Kohlensäure anstatt von außen in den Organismus zu gelangen, lediglich darin zurückgehalten wird durch irgendein Hindernis, das die ausscheidende Tätigkeit der Lungen hemmt. So z. B. wenn ein Kind an Krupp stirbt, ist dies ein Erstickungstod durch Kohlensäure, die von den obstruierten Atmungswegen nicht in genügender Menge ausgeschieden wird.

Endlich gibt es noch eine dritte Ursache der Anhäufung von Kohlensäure im Blut; die Anhäufung kann eine Folge übermäßiger Produktion sein, und dies ist der Fall bei heftigen Körperanstrengungen. Es ist eine durch die Physiologie erwiesene Wahrheit, daß ein Tier um so mehr Kohlensäure produziert, je stärker es seine Muskeltätigkeit anstrengt. Die Arbeiten von Sanson haben bewiesen, daß bei großen Tieren, wie z. B. beim Pferde oder Rind, die durch Ausatmung ausgeschiedene Kohlensäure doppelt und selbst dreifach so groß wird, wenn man sie zu schweren Arbeiten nötigt, wie z. B. zum Lauf. (A. Sanson, la Respiration des grands animaux.)

Man hat diese größere Kohlensäureproduktion während der Arbeit bei allen Tieren, selbst bei den Insekten festgestellt.

Ein Bienenkorb enthält siebenundzwanzigmal so viel Kohlensäure, wenn der Schwarm arbeitet, als wenn er ruht.

Schließlich hat man beim Menschen für eine gegebene Zeit durch die Atmung erhalten:

0,35 g Kohlensäure während des Schlafs,
0,60 g „ während des Wachens im Sitzen.
1,65 g „ während des Laufs.

Neben dem Überschuß an Kohlensäure, der durch den Atem exhaliert wird, ist auch eine große Vermehrung der Quantität dieses Gases zu konstatieren, welche die Haut während der Arbeit eliminiert. Mehr noch, ungeachtet der auf allen diesen Wegen vermehrten Ausscheidung von Kohlensäure bleibt der Organismus davon noch geraume Zeit nach dem Aufhören der Übung imprägniert. Tötet man ein Tier nach einer anstrengenden Arbeit, so findet man, daß seine Muskeln viel mehr Kohlensäure enthalten, als in normalem Zustande und das Blut der Arterien schwarz ist und in seiner chemischen Zusammensetzung dem Venenblut ähnlich geworden ist.

Wenn also ein Mensch sich der Muskelarbeit widmet, so erzeugt er in seinem Organismus einen Überschuß an Kohlensäure. Der Mensch, der eine sehr anstrengende Übung ausführt, wird ebenso von Erstickung bedroht, wie ein Tier, dem man Kohlensäure in die Adern injiziert. In beiden Fällen ist die Ursache der Atmungsstörungen dieselbe; es ist eine Blutvergiftung durch dieselbe giftige Substanz; nur, daß beim Menschen, der durch Muskelarbeit außer Atem kommt, das Gift nicht von außen eingeführt wird, es bildet sich im Organismus selbst. Es ist ein Zersetzungsprodukt, das sich in zu starker Dosis im Haushalt des Lebens ansammelt.

Die Anwesenheit der Kohlensäure im Überschuß führt zur Empfindung der Atemnot.

Die Atemnot oder Vermehrung des Bedürfnisses, Atem zu holen, führt als Reflexwirkung eine Steigerung der Atmungstätigkeit mit sich. Ein Kampf entspinnt sich zwischen dem giftigen Gase und den Ausscheidungsorganen, deren Aufgabe es ist, diese

aus dem Organismus zu vertreiben. Während längerer oder kürzerer Zeit, je nach der Fähigkeit und Geschicklichkeit des Individuums, Atem zu holen, wiegt die zunehmende Tätigkeit der Lunge den Überschuß der Kohlensäureproduktion auf und das Unbehagen bleibt erträglich. Wenn aber die Arbeit sich steigert, überholt schließlich die Kohlensäureerzeugung das Ausscheidungsvermögen der Organe; die Lungenzellen genügen nicht mehr, um alle Kohlensäure, die das Blut ihnen zuführt, abzusetzen, und dieses Gas sammelt sich an. Wenn in diesem Augenblicke die Arbeit unterbrochen wird, so fällt die Gaserzeugung auf den Normalstand zurück, das überschüssige Gas wird ausgeschieden und das Unwohlsein hört auf. Wenn dagegen die anstrengende Übung ohne Aufhören fortgesetzt wird, erreicht die Ansammlung von Kohlensäure schließlich eine hohe Dosis und kann schwere Zufälle und sogar den Tod durch Erstickung herbeiführen.

Dieses ist die enge Verknüpfung, die zwischen der von den Muskeln geleisteten Arbeitsmenge, der im Organismus erzeugten Kohlensäure und der Stärke der Atembeschwerde eines Individuums besteht. Die Muskelarbeit vermehrt die Kohlensäure des Blutes und der Überschuß dieses Gases steigert das Bedürfnis des Atmens.

So erklärt sich ein Gesetz, das sich aus der Beobachtung der Tatsachen ergibt und dem wir folgende Fassung geben:

„*Die Intensität des Atmungsbedürfnisses während einer Übung steht in direktem Verhältnisse zu der Kraftausgabe, welche diese Übung in einem gegebenen Zeitraum fordert*“.

Die Ursache des Außeratemkommens ist eine Art Vergiftung des Organismus durch eins seiner eigenen Zersetzungsprodukte, eine Auto-Intoxikation durch Kohlensäure. Die exzessive Steigerung des Atmungsbedürfnisses und die Vermehrung der Atembewegungen, die man bei einem Menschen beobachtet, der durch Muskelarbeit ins Keuchen gebracht wird, kommen von der drohenden Gefahr der Vergiftung und der Anstrengung, die der Organismus macht, um das Gift schnell auszuscheiden.

III

Wenn man alle Umstände, unter denen die Atembeschwerde zustande kommt, Revue passieren läßt, so wird man sehen, daß unsere Theorie eine zureichende Erklärung derselben bietet.

Damit das Außeratemsein sich einstelle, muß viel Arbeit in kurzer Zeit geleistet sein, die Übung muß sozusagen in Massendose genommen sein, da die Vermehrung der Kohlensäure im Blut schnell genug sein muß, um eine übermäßige Vermehrung dieses Gases und die Sättigung des Blutes herbeizuführen.

Wenn z. B. die Übung nicht mehr schafft, als daß sie die Kohlensäure verdoppelt, so wird noch keine Atmungsschwierigkeit eintreten, da die Ausscheidung dieses Gases nach den Forschungen von Sanson während der Arbeit verdreifacht werden kann. — Die Atmung wird lebhafter sein, aber noch nicht als unzulänglich empfunden. — Wenn dagegen die Muskelarbeit in einem gegebenen Zeitraum eine Kohlensäurequantität erzeugt, die größer ist, als das Quantum, welches die Lunge in diesem Zeitraum ausscheiden kann, so wird sich eine Anhäufung dieses Gases im Lebenshaushalt einstellen, die Atembeschwerde wird mit jeder Sekunde wachsen und schließlich die Arbeit unterbrechen.

So erklären sich die Tatsachen, die bei Ausübung von Körperübungen dem Beobachter auffallen und die uns zeigen, wie die Muskelermüdung unter verschiedenen Bedingungen des Außeratemkommens herbeigeführt wird. Die Menge der Kohlensäure, die in einer gegebenen Zeit durch eine Muskelgruppe erzeugt, ist proportional der Arbeit, welche dieselbe verrichtet. Anderseits steht die Arbeit, welche eine Muskelgruppe verrichten kann, in direktem Verhältnis zur Kraft, d. h. zur Zahl und zum Volumen der Muskeln, welche diese Gruppe zusammensetzen. Wenn also eine Übung auf eine wenig umfangreiche Muskelgruppe beschränkt ist, so wird Ermüdung eintreten, bevor eine große Quantität von Arbeit geleistet und im Blut eine starke Dosis Kohlensäure angehäuft wird. Das Ausscheidungsvermögen der Lunge wird größer sein als die Arbeitsfähigkeit der wirksamen Muskeln; die Muskelermüdung wird früher eintreten, als das

Außeratemkommen. Wenn dagegen die in Aktion gebrachten Muskeln sehr mächtig und sehr zahlreich sind, so werden sie, bevor sie zur Ermüdung kommen, eine große Summe von Arbeit vollziehen und folglich eine sehr starke Dosis Kohlensäure erzeugen. Ihre Arbeitsfähigkeit wird größer sein als das Ausscheidungsvermögen der Lunge. Die Atembeschwerde wird diesmal sich vor der Ermüdung einstellen.

Aus diesem Grunde gelangen die Übungen, die mit den oberen Gließmaßen, deren Muskeln relativ schwach sind, vollzogen werden, meistens zur Ermüdung ohne das Außeratemkommen herbeizuführen. Diese Muskeln leisten zusammen relativ wenig Arbeit; sie werden ermüdet, bevor sie diejenige Dosis Kohlensäure erzeugen, welche nötig ist, um die Lunge ins Keuchen zu bringen. Die unteren Gliedmaßen dagegen mit ihren mächtigen Muskelmassen können in wenigen Sekunden eine große Summe von Arbeit schaffen und eine große Quantität Kohlensäure ins Blut werfen. Auch bringen sie, wenn man von ihnen alle Arbeiten verlangt, deren sie fähig sind, in sehr kurzer Zeit vielmehr Kohlensäure hervor, als die Lunge auszuscheiden vermag. Das Außeratemkommen unterbricht dann die Übung, wenn die Muskeln noch in voller Kraft sind.

Das Außeratemkommen tritt allemal ein, wenn die Muskelarbeit in einem gegebenen Zeitraum mehr Kohlensäure in das Blut bringt, als die Lunge in demselben Zeitraum zu eliminieren vermag.

Die Arbeitsmenge, die nötig ist, um eine Atembeschwerde herbeizuführen, wird daher keineswegs für jedermann dieselbe sein, weil nicht alle Individuen dieselbe Kohlensäuremenge in derselben Zeit durch die Lunge auszuscheiden vermögen. Man kann sagen, daß für jedes Individuum ein Koeffizient des Außeratemkommens besteht, der mit seiner Fähigkeit des Ausatmens wechselt. Der Moment, in dem das Außeratemkommen eintritt, kann verzögert werden durch die Kraft der Persönlichkeit, die Größe ihrer Lungen, die vollkommene Integrität seines Herzens und vor allem durch die erworbene Geschicklichkeit, sich seiner Atmungsorgane zu bedienen.

Aber wie groß auch das Vermögen sei, Atem zu holen, wenn

man eine Übung voraussetzt, die so anstrengend wie möglich ist, und ohne Mäßigung die ganze Kraft der Muskel des Körpers in Aktion bringt, so wird sich das Außeratemkommen fast augenblicklich einstellen, weil das Muskelsystem in seiner Gesamtheit in einem gegebenen Zeitraum mehr Kohlensäure erzeugen kann, als die Lungen auszuscheiden vermögen.

Dies ist der Grund, warum es so wichtig ist, bei einer Übung von großer Schnelligkeit, z. B. beim Wettlauf nicht von vornherein die ganze Anstrengung einzusetzen, deren man fähig ist und sich im Anfang zu mäßigen. Um das Außeratemkommen während der Übung zu vermeiden, muß man die Muskelarbeit mit dem Ausscheidungsvermögen der Lunge in das richtige Verhältnis setzen, derart, daß die Kohlensäuremenge, die in einer gegebenen Zeit produziert wird, nicht größer wird, als diejenige, welche die Atmungswege während derselben Zeit fortschaffen können.

Die Gewohnheit, eine Übung auszuführen oder eine Arbeit zu verrichten, bringt den Menschen oder das Tier instinktiv dahin, die Intensität der Muskelanstrengung nach dem Atmungsvermögen zu regulieren, in der Weise, daß zwischen der Quantität der Kohlensäure, welche die Muskeln erzeugen und die Lunge ausscheidet, das Gleichgewicht erhalten bleibt. So gelangt jeder Mensch, jedes Tier dahin, bei einer Schnelligkeitsarbeit eine gewisse Haltung oder vielmehr eine Gangart anzunehmen, aus der sie bei Gefahr außer Atem zu kommen, nicht herausgehen dürfen.

Es gibt beim Pferderennen Tiere, die dazu benutzt werden, „das Spiel zu machen". Sie stürzen sich beim Anlauf sofort in vollster Geschwindigkeit los und versuchen, ihre Gegner zu einem äußerst lebhaften Galopp anzureizen. Der Zweck dieses Manövers ist, die andern Pferde dazu zu zwingen, aus ihrer Gangart zu fallen, während indessen ein Kamerad aus demselben Stall sich mäßigt, um später, wenn die Konkurrenten beginnen, ihre Kräfte zu verlieren, plötzlich die Spitze zu gewinnen. Ein Pferd, das seine Haltung verliert, ist vom physiologischen Standpunkt aus ein Tier, das mehr Kohlensäure erzeugt, als es ausscheiden kann, daher baldige Vergiftung, welches seine

Tatkraft lähmt. Um das Rennen zu gewinnen, ist ein Pferd fast immer genötigt, in einem gegebenen Moment die ganze Geschwindigkeit zu entwickeln, deren seine Schenkel fähig sind, und folglich „durchzugehen". Aber es ist die Kunst des Jockeis, dies so spät als möglich zu bewirken, derart, daß er es der unvermeidlichen Intoxikation nicht eher aussetzt, als bis er ganz nah am Ziel ist.

Übrigens wird, wenn eine heftige Übung während einer gewissen Zeit ohne Pause fortgesetzt wird, die Atembeschwerde schließlich immer eintreten, wenn auch das Subjekt seine Haltung nicht verliert. Nehmen wir den Fall, wo die Muskelarbeit eine Kohlensäuremenge erzeugt, die genau derjenigen gleich ist welche die Lunge ausscheiden kann. Die Atembeschwerde wird nicht gleich bei Beginn eintreten, da zwischen der Produktion und Ausscheidung ein Gleichgewicht besteht; dennoch wird, wenn die Arbeit fortgesetzt wird, die Atmung schließlich erschwert werden, so z. B. wird bei einem mäßigen Lauf, den man während fünf Minuten aushalten kann, ohne außer Atem zu kommen, schließlich doch das Keuchen sich einstellen, wenn man ihn eine Viertelstunde lang fortsetzt, ohne die Anfangsgeschwindigkeit zu steigern.

Dies kommt daher, daß, wenn die Arbeitsquantität dieselbe bleibt, die Atmungsfähigkeit des Subjekts sich mindert, lediglich zufolge der Fortsetzung der Übung. Durch die Tatsache der Arbeitsleistung allein treten schon Störungen in den Funktionen des Atmungsapparats ein. Der Blutumlauf in der Lunge wird gesteigert und daraus ergibt sich ein aktiver Blutandrang in diesem Organ. Später macht sich dann ein passiver Blutandrang bemerklich als Folge der Ermüdung, der Anstrengung der rechten Hälfte des Herzmuskels, dessen Antrieb nicht mehr energisch genug ist, um die Blutflüssigkeit durch die kleinen Verzweigungen der Lungengefäße zu treiben. Andrerseits werden die Nervenzentren lebhaft gereizt durch die Kohlensäure, die ihnen das Blut zuführt und reagieren nun auf die Lungenbewegungen durch Reflexe, welche die Atmung kurz, hastig und unregelmäßig machen.

Die Kongestion in der Lunge, das Unregelmäßigwerden der

Atmungsbewegungen, die Verstärkung, dann das Schwächerwerden der Herzschläge sind ebenso viele sekundäre Erscheinungen der Atemnot, die wir im folgenden Kapitel studieren werden. Ihre Rolle ist von Bedeutung bei der Atemnot im Verlauf einer Übung; denn sie schaffen Hindernisse für die freie Funktion der Lunge gerade dann, wenn dieses Organ mit größerer Intensität zu arbeiten hätte.

III. ATEMBESCHWERDEN (FORTSETZUNG)

Der Mechanismus der Atembeschwerden · Reflexstörungen der Atmungsbewegungen · Körperliche Empfindungen und seelische Eindrücke · Das Keuchen · Warum man weniger Atembeschwerde im Fechtsaal als auf dem Duellplatz hat · Reflexe infolge von Kohlensäure · Die Reflexe sind ursprünglich nützlich, sie werden erst schädlich durch Übertreibung · Gefahren der instinktiven Bewegungen · Die Rolle des Herzens bei den Atembeschwerden · Die aktiven Kongestionen · Ermüdung des Herzmuskels und passive Kongestion der Lunge · Die Rolle des Herzens ist sekundärer Natur · Aufhören des Schweratmens trotz Fortdauer der zirkulatorischen Störungen, nach der Übung · Persönliche Beobachtung, Besteigung des Canigou · Von der Anstrengung; ihre Rolle beim Außeratemkommen · Schneller Eintritt der Atembeschwerde beim Ringkampf · Dauerlauf und Geschwindigkeitslauf · Unsere Beobachtungen über den Rhythmus des beschleunigten Atems · Ungleichheit der beiden Zeiten der Atmung in der Atembeschwerde · Ursachen dieser Ungleichheit

Eine wesentliche Voraussetzung des Atmens bildet die Anwesenheit des atmosphärischen Fluidums und des Venenbluts in der Lunge, so daß die eingeatmete Luft ihren Sauerstoff an das Blut abgeben und dafür das Blut seine Kohlensäure austauschen kann. Es ist augenscheinlich, daß jedes Hindernis des freien Blutzutritts in die Kapillargefäße der Lunge oder des freien Zugangs der Luft in deren Zellen die Atmungstätigkeit unzulänglich gestalten muß.

Nun ruft eine anstrengende Übung in den Atmungsbewegungen eine Störung hervor, welche diese weniger wirksam macht, Luft in die Brust zu schöpfen in derselben Zeit, in der sie im Blutlauf Störungen hervorruft, die geeignet sind, die Zirkulation in der Lunge zu beeinträchtigen. Jede dieser beiden Wirkungen verdient ein sorgfältiges Studium.

I

Die Übung kann auf die Atembewegung einen unmittelbaren Einfluß haben; denn gewisse Muskeltätigkeiten fordern die Mithülfe der Brust- oder Rückenmuskeln. Wenn diese Muskeln zur Arbeit herangezogen werden, so werden sie momentan an ihrer Wirksamkeit als Respirationsmuskeln gehindert. Sie können sogar die Atmung vollständig aufheben, wenn sie einen Stützpunkt auf den Rippen nehmen, auf den sich die oberen Gliedmaßen bewegen.

Die Anstrengung, von der wir in dem Kapitel über die *Bewegungen* eingehend gesprochen haben, ist der Typus der Akte, welche die Atmung durch Unbeweglichmachen des Brustkastens einstellen.

Dieser Akt zieht wichtige Folgen für den Blutumlauf nach sich und stört gerade dadurch am meisten die Atmungstätigkeit. Er hat aber auch die Wirkung, momentan den Austausch des Gases zu hemmen und dies gerade in dem Augenblick, wo dieses am dringlichsten ist. Die Einstellung des Atems im Zustande der Ruhe hat keine bedenkliche Folgen; denn sie wird stets wieder ausgeglichen durch eine Reihe von um so tieferen und reichlicheren Atemzügen, welche schnell die Kohlensäure wieder ausscheiden, deren Quantität im Haushalt des Leibes, so lange die Muskeln sich in Ruhe befinden, niemals übermäßig sein wird. Aber wenn die Anstrengung während der Arbeit eintritt, so wird die Lunge gerade dann in ihrem Spiel behindert, wenn ihre Tätigkeit verstärkt werden müßte; die Hemmung der Atmung schließt den Weg, auf dem sich die Kohlensäure ausscheiden sollte, gerade in dem Augenblick, wo die Muskeln dreimal so viel von diesem Gas produzieren, als in gewöhnlichem Zustand. Die Atmung, die kaum den Bedürfnissen des Organismus bei freiem Funktionieren der Lunge genügen würde, wird vollständig unzulänglich, wenn die Bewegungen des Thorax auf diese Weise unterbunden werden. So kann die wiederholte Einstellung der Respiration während der Arbeit eine sehr wirksame Ursache der Atemnot werden, während sie im Zustande der Ruhe nur ein vorübergehendes Unbehagen hervorruft.

Aber die Anstrengung und die sonstigen Muskelakte, die das Spiel der Rippen behindern, sind nicht die häufigsten Ursachen der Störungen, die man im Verlauf einer Übung bei den Atembewegungen beobachtet. Die Atmung wird oft eingreifend modifiziert in ihrem Rhythmus, ihrer Tiefe und Frequenz, ohne daß man nötig hätte, einen direkten Einfluß der in Frage kommenden Übung anzunehmen. Häufig sieht man Übung, deren Ausführung in keiner Weise die Mitwirkung der Brustmuskeln fordert, gleichwohl das Bewegungsspiel des Brustkastens stark beeinträchtigen.

Dann ist es eine Reflexwirkung, welche eine indirekte Folge der Übung hervorruft.

Die Reflexwirkungen, welche den Rhythmus des Atmens beeinflussen, haben ihren Ausgangspunkt in sehr verschiedenen Eindrücken, und die Lunge ist sehr häufig solchen Wirkungen ausgesetzt; denn kein Organ ist eindrucksfähiger, als gerade sie. Um die Reflexwirkungen, denen die Lunge möglicherweise unterliegen kann, zu begreifen, muß man sich daran erinnern, daß ganz allgemein lebhafte physische oder seelische Eindrücke die Tendenz besitzen, sich in unwillkürliche Bewegungen umzusetzen, und daß diese Bewegungen sich zum Sitz ebensowohl die Muskeln des organischen Lebens als diejenigen des äußeren Lebens zum Sitz erwählen können. Wenn man an einer Kabine vorbeikommt, in der eine Person zum erstenmal eine kalte Dusche nimmt, so hört man Seufzer und ein unterbrochenes Gestöhn. Diese unartikulierten Laute, die oft einem Jammergestöhn ähnlich sind, sind jedoch nichts anderes als einfache Reflexwirkungen. Die Kälteempfindung, welche die Dusche auf den Wänden der Brust hervorruft, überträgt sich auf die Nervenzentren und ruft hier eine Erregung hervor, welche plötzliche Anstrengungen des Ein- und Ausatmens notwendig macht. Die Luft wird gewaltsam in die Brust eingesogen oder auch stoßweise herausgetrieben und läßt nun die Stimmwerkzeuge vibrieren, ohne daß der Wille dabei mitspielt. Ja, wenn der Eindruck des kalten Wassers zu plötzlich ist, kann die Reflexwirkung eine vollständige Einstellung der Atmungstätigkeit nach sich ziehen; es wird dann unmöglich, die Luft in die Lunge zu schöpfen oder sie,

wenn sie eingetreten ist, wieder herauszubringen. Daraus folgt eine Art von Beklemmung, ein momentaner Erstickungsanfall, der die Anwendung der Hydrotherapie für empfindliche Patienten so peinlich gestaltet.

Jede heftige physische Empfindung, welches auch ihr Sitz sei, kann auf die Lunge zurückwirken; aber auch heftige seelische Erregung, welches auch ihre Ursache sei, drückt sich durch ihren Einfluß auf die Atmungstätigkeit aus. Die Freude, der Schmerz, die Furcht können Reflexwirkungen in den Atembewegungen auslösen, die man bezeichnet als Lachen, Schluchzen, Seufzer, Schrei.

Allemal wenn die Atembewegungen in ihrem Rhythmus gestört werden, stellt sich die Schweratmung ein, selbst im Zustande der Muskelruhe. Häufig sind es auch Ursachen seelischer Art, welche die Tendenz des Subjekts, sich während einer Übung außer Atem zu bringen, steigern. Gar manche Übung, die man mit ruhigen Atemzügen durchführt, wenn der Geist frei von Sorge ist, zieht sofort Atmungsstörungen nach sich, sobald sich damit eine lebhafte Gemütsbewegung verknüpft.

Diejenigen, welche die Gelegenheit gehabt haben, zwei mit der Führung des Degens vertraute Männer auf das Terrain zu begleiten, wissen, daß diese sich unvergleichlich schneller bei den Gängen des Duells erschöpfen, als bei solchen im Fechtsaal. Gleichwohl sind ihre Bewegungen vorsichtiger, abgemessener; sie suchen keine große Attacken und beobachten mehr als daß sie angreifen; sie geben viel weniger Kraft aus, aber — die Degen sind geschliffen und ohne Schutzvorrichtung.

Die Depressionsgefühle lassen ihre Wirkung auf die Atmung der Tiere ebenso bemerklich werden, wie auf diejenige der Menschen. Ein empfindliches Pferd, das man während der Arbeit schlecht behandelt oder auch nur in harter Weise mit der Stimme bedroht, kommt sehr schnell außer Atem.

Aus demselben Grunde können die wilden Tiere auf der Jagd durch gezähmte Tiere eingefangen werden, obgleich sie ihnen in der Ertragung der Anstrengung überlegen sind. Der Hund, der unvergleichlich weniger schnell als der Hase ist, vermag es, letzteren doch schließlich zu ermüden; der Schrecken, den das ver-

folgte Geschöpf empfindet, stört seine Atmungstätigkeit und benimmt ihn einen großen Teil seiner Kräfte.

Die seelischen Eindrücke, wie auch die physischen Empfindungen können die Atmungsfähigkeit nur durch Reflexwirkungen beeinträchtigen, welche das regelmäßige Spiel des Lungenblasebalgs stören. Unter dem Einfluß der Furcht sieht man die Bewegungen der Brust sich bald übermäßig beschleunigen, bald langsamer werden und momentan in Stockung geraten, bald in ungleichen Intervallen sich wiederholen. Der Mangel der Koordination, die Unordnung der Atembewegungen, die man unter dem Einfluß des Schreckens beobachtet, hat viel Ähnlichkeit mit der Zusammenhangslosigkeit der Lippenbewegungen, die einen erregten Menschen verhindert, seine Worte deutlich zu artikulieren. — So können die depressiven Gemütseindrücke eine Art von Stottern des Atems herbeiführen.

Die Unordnung in der Atmungsbewegung vernichtet die Regelmäßigkeit des Gasaustausches, der in der Lunge zwischen dem Venenblut und der atmosphärischen Luft stattfindet und behindert so gründlich die Funktion der Blutbildung. Wenn die Respiration nicht mehr regelmäßig ist, so kann die Kohlensäure, welche durch die Arbeit entsteht, nicht mehr in demselben Verhältnisse ausgeschieden werden, in dem sie zur Entstehung kommt. Der Sauerstoff kann nicht in dem Maße eingeführt werden, dessen der Organismus bedarf; deshalb wird das Bedürfnis des Einatmens nicht genügend befriedigt und so entsteht die Atmungsbeschwerde.

So können die moralischen Eindrücke ihren Einfluß zu denjenigen der Arbeit hinzufügen und dadurch die Atmungsbeschwerde herbeiführen, indem sie nicht die Produktion der Kohlensäure vermehren, sondern deren regelmäßige Ausscheidung verhindern. Je eindrucksfähiger ein Subjekt ist, um so leichter werden seine Erregungen seine Respirationstätigkeit beeinflussen. Daher bei gewissen körperlichen Übungen die Überlegenheit ruhiger Menschen, die sich zu beherrschen verstehen. Die Furcht, besiegt zu werden, die Befangenheit sich momentan überholt zu sehen, kann die Atmungsfähigkeit eines sonst sehr kräftigen Sportsmannes, der aber zu erregbar ist, vermindern

und ihn den Preis bei einem Wettlauf oder Wettrudern verlieren lassen.

Es besteht eine merkwürdige Ähnlichkeit zwischen den Atemstörungen, zufolge eines heftigen moralischen Eindruckes und denjenigen, die sich aus einer starken körperlichen Empfindung geben. Die Analogie ist auch sehr auffällig, wenn man die durch eine heftige Aufregung in der Lungentätigkeit bewirkten Modifikationen und diejenigen, in welchem eine zu anstrengende Übung ausläuft miteinander vergleicht. — Sieht man sich einem vor Schrecken keuchenden Menschen gegenüber, so könnte man glauben, er sei durch einen zu schnellen Lauf außer Atem gekommen. In beiden Fällen dasselbe Bild: unregelmäßige Atemzüge, zusammenhanglose Sprache, blasse Gesichtsfarbe.

Bei einem Menschen, der von einer lebhaften körperlichen Empfindung, z. B. eine kalte Dusche, ergriffen ist, bei einem Menschen, den die Furcht überwältigt und bei einem der durch schnellen Lauf außer Atem kommt, gibt es ein gemeinsames Element, das die Atmungsfähigkeit beeinträchtigt: dies ist eine Art Chok, dem die Region der Nervenzentren unterliegt, welche die Atmungsbewegungen leiten. Die kalte Dusche beeinflußt die Atmung durch die starke Empfindung, die sich von den Hautnerven auf das Gehirn überträgt. Die Furcht ruft in den Nervenzentren eine Erschütterung hervor, deren Mechanismus uns unbekannt ist, aber deren Wirkungen denjenigen eines physischen Eindruckes entsprechend sind. Was die Muskelarbeit betrifft, so macht sich ihre Wirkung auf das Atmungszentrum bemerklich, weil sie in tief eingreifender Weise die Zusammensetzung des Blutes modifiziert; sie häuft in dieser Flüssigkeit einen Überschuß von Kohlensäure an, und diese Zusammensetzung hat die Eigentümlichkeit auf den Bulbus rachiticus, von dem aus die Atmungsnerven entspringen, einen Reiz auszuüben, der im Weg der Reflexwirkung in das Spiel der Lungenbewegungen eingreift.

Die durch die Kohlensäure des Bluts auf den Bulbus rachiticus ausgeübte Reizung wird von dem Subjekt nicht so deutlich wahrgenommen, wie ein äußerer Eindruck, aber sie verrät sich durch ein Bedürfnis, das Bedürfnis zu atmen, welches unmittelbar Reflexbewegungen in den Atmungsmuskeln hervorruft.

Diese völligen automatischen Bewegungen haben den Zweck, den Organismus mit größerer Energie von der Kohlensäure zu befreien, die sich in zu starker Dosis in ihm anzuhäufen beginnt.

II

Es ist ein Gesetz der Physiologie, daß unter dem Eindruck einer drohenden Gefahr die Organe reagieren und sich bemühen, das schädliche Agens zu entfernen. Ein Körnchen Staub, das in das Auge dringt, ruft die Reflexbewegung des Blinzelns hervor, durch welche die Augenlider es sozusagen wegzufegen bestrebt sind; wenn der Fremdkörper in die Atmungswege eindringt, so ruft er den Hustenreiz hervor; wenn er in der Nase sitzt, so ist es das Niesen, was ihn vertreibt. Alle diese Akte vollziehen sich durch Reflexe und ebenso ist es ein Reflex, durch welchen die überschüssige Kohlensäure die Beschleunigung der Atembewegungen hervorruft, welche sie ausscheiden muß.

Der Instinkt, vermöge dessen die Atembewegungen sich während einer anstrengenden Übung modifizieren, ist also eng mit der Haltung des Individuums verknüpft und es erscheint auf den ersten Blick sonderbar, daß er schädliche Resultate zur Folge haben könnte und die Erfüllung der Funktionen, die er leitet, beeinträchtigen könnte.

Dies kommt daher, daß der Instinkt ein blinder Trieb ist, der die Intensität seiner Handlung lediglich nach der Größe des empfangenen Reizes abmißt ohne das gewonnene Resultat zu berechnen. Man sieht alltäglich die schlimmsten Unfälle eintreten, auf Grund der übereilten oder unpassenden Intervention der automatischen Wirkungsweise der Organe. So z. B. können die peristaltischen Kontraktionen der Eingeweide, die in erster Linie nützlich sind, um einen Fremdkörper oder ein unverdautes Nahrungsmittel auszustoßen, durch ihre Übertreibung schwere Krankheiten hervorrufen, z. B. die Einstülpung des Darms. Ebenso verhält es sich mit den Zusammenziehungen des musculus orbicularis der Augenlider, welche eine Augenentzündung vermehren können unter Zutritt von Überempfindlichkeit gegen Licht. Das Herablassen des Schleiers der Lider in Fällen, wo das Auge das Licht fürchtet, ist eine Instinktbewegung und im allgemeinen

nützlich. Wenn aber die Lichtscheu besonders stark ist, so entsteht aus der übertriebenen Reizbarkeit eine zu starke Anstrengung des Widerstandes, ein Krampf, der so weit gehen kann, daß der Rand der Augenlider sich nach einwärts klemmt und mit seinen Wimpern eine schmerzhafte Reibung auf die Hornhaut ausübt.

Ebenso macht seitens der Lungenorgane eine mäßige Vermehrung des Atemreizes die Bluterneuerung wirksamer und begünstigt sie. Die Bewegungen des Brustkastens werden größer und häufiger; sie führen der Lunge mehr Luft zu und scheiden mehr Kohlensäure aus. Wenn aber die Erregung der respiratorischen Nervenzentren zu lebhaft wird, wenn das Bedürfnis zum Atmen zu stark wird, so erlangen die Bewegungen eine übertriebene Häufigkeit, und dies ist die erste Ursache, welche ihre Funktion unzulänglich macht. In der Tat beweisen sehr einleuchtende Versuche, daß jenseits einer gewissen Anzahl von Atemzügen in der Minute die ausgeatmete Kohlensäuremasse in dem Verhältnis abnimmt, in dem die Zahl der Atemzüge wächst. Wenn die Atmung eine nur mäßige Beschleunigung erleidet, so kompensiert die Zahl der Atemzüge die Unzulänglichkeit jedes einzelnen derselben und im ganzen gelangt ein Mensch, der dreißigmal in der Minute atmet, dazu mehr Kohlensäure auszuscheiden, als der, welcher sechszehnmal in derselben Zeit Atem holt. Wenn sich aber die Atmung übermäßig beschleunigt, so läßt sie der Kohlensäure nicht mehr die Zeit, die Lungenkanäle zu durchströmen und die Bewegung des Ausatmens stößt die Luft fast ebenso wieder aus, wie sie eintritt.

So gelangt die Reflexbewegung, obwohl ursprünglich nützlich, weil sie die Atmung steigerte und wirksamer machte, schließlich doch dazu, ein Hindernis der regelmäßigen Vollendung dieser Funktion zu werden und eine Gefahr für den Organismus zu bilden.

Man kann durch Übung dahin gelangen, eine gewiße Herrschaft auch über die gewöhnlich dem Willen entzogenen Akte auszuüben. Mit Hülfe fortgesetzter und ausdauernder Anstrengung kann der Mensch die respiratorischen Reflexe, die ihn dahintreiben, die Atembewegung übermäßig zu beschleunigen, siegreich bekämpfen. Dies ist das Geheimnis des Widerstandes, den die Schnelläufer von Profession sich aneignen, um nicht

außer Atem zu kommen. Sie gelangen dahin, das Spiel ihrer Lunge zu regeln und dieselbe zu verhindern, jener Art von Aufregung anheim zu fallen, unter deren Herrschaft die keuchende Brust die Atembewegungen überstürzt. Gewiße Kranke bieten uns ein merkwürdiges Bild dieser Herrschaft, die man über die gewöhnlich unfreiwilligen Bewegungen erlangen kann, um sie einzuhalten und zu regeln. Die Asthmatiker, die schon lange Zeit an Atemnot gelitten haben, lernen es oft, den Reiz, der jeden beklommenen Menschen antreibt, die Atmungsbewegungen oft zu wiederholen, zu unterdrücken. Sie zwingen sich, den Rhythmus der Bewegung zu verlangsamen und ihre Dauer möglichst zu verlängern. Auf diese Weise gelangen sie dazu, ihren Zustand zu verbessern, ohne daß ihre Krankheit gemindert wird. Die Emphysematiker, welche seit vielen Jahren ihre Beklemmungszustände haben, lernen schließlich die Tiefatmung und ziehen so von ihren schlechten Lungen größeren Vorteil als bei Beginn ihrer Krankheit; indem sie die Atemzüge verlangsamen, machen sie dieselben wirksamer.

Die Muskelarbeit, welche die Atmungstätigkeit bei Beginn der Atmungsbeschwerde beschleunigt, führt oft, wenn sie zu weit getrieben wird, zu einer übermäßigen Verlangsamung und selbst zu einer momentanen Stockung dieser Bewegungen.

Diese beiden umgekehrten Resultate sind der eine wie der andere auf die Reflexwirkungen zurückzuführen, welche die Erregung der Nervenzentren durch Kohlensäure hervorruft. In der Tat, die mäßige Reizung des Bulbus, wie sie durch eine leichte Dosis von Kohlensäure herbeigeführt wird, bewirkt eine Beschleunigung der Respiration, umgekehrt veranlaßt ein sehr starker Reiz, wie ihn eine hohe Dosis dieses Gases herrufen kann, ihre Verlangsamung. Man sieht diese Unterschiede des Ergebnisses in allen Fällen zutage treten, in denen die Lungennerven irgendwelchen Reizungen ausgesetzt werden, welcher Art sie auch seien. So wenn nur schwach bei einem Versuchstiere der nervus pneumo-gastricus elektrisiert, der die Lunge beseelt, tritt eine Beschleunigung der Atmung ein; elektrisiert man denselben Nerven sehr stark, so führt man eine Verlangsamung und schließlich gar vollständiges Stocken der Atembewegungen herbei.

In den fortgeschrittensten Phasen der Atembeschwerde, wenn die angestrengte Arbeit übermäßige Dosen von Kohlensäure im Blut angehäuft hat, sieht man nicht mehr eine beschleunigte Atmung, sondern ein unterbrochenes Atemholen eintreten mit plötzlichen Pausen und schließlich gar vollständiges Einstellen der Lungentätigkeit.

III

Das Herz und die Lunge sind miteinander durch eine sehr enge Gemeinbürgschaft verknüpft, und selten erleidet eines dieser Organe eine Störung in seiner Funktion, ohne daß auch das andere sofort die Rückwirkung davon verspürt.

Eine der ersten Folgen der Übung ist die Vermehrung der Herzschläge und infolge davon Beschleunigung des Blutumlaufs.

Die Beschleunigung des Blutumlaufs während der Übung ist ein Faktum, das aus zwei Ursachen hervorgeht, deren eine auf die große oder allgemeine Zirkulation wirkt, während die andere die kleine Zirkulation oder die Lungenzirkulation beeinflußt.

Der peripherische Kreislauf wird, wie wir dies im ersten Teile dieses Buches auseinandergesetzt haben, durch den beträchtlichen Zufluß des Bluts beschleunigt, der sich gegen die arbeitenden Muskeln richtet. Eine Art von Berieselung zieht einen stärkeren Blutstrom nach der Muskelfaser und die ganze Masse der Flüssigkeit nimmt schließlich an diesem lebhafteren Zustrom teil: der Puls wird beschleunigt und der Absatz der Arterien vermehrt sich. Jede Abteilung des Gefäßsystems wird auf diese Weise durch eine größere Blutmenge durchrieselt.

Die Lunge ist wie die anderen Organe somit eben durch die Beschleunigung des Pulses der Sitz einer stärkeren Zirkulation geworden.

Es kommt aber eine Ursache hinzu, um die Blutflüssigkeit nach den Lymphgefäßröhren strömen zu lassen: dies ist das größere Bedürfnis, welches der Organismus verspürt, die Blutflüssigkeit, in der sich die Kohlensäure unter dem Einfluß der Arbeit vermehrt hat, zu erneuern. Infolge einer Reflexwirkung, deren Gesetz wir oben nachgewiesen haben, wird das zu stark mit Kohlensäure gesättigte Blut mit größerer Energie nach dem

Organ getrieben, das die Aufgabe hat, es von diesem Gase zu befreien.

Aus diesen beiden vereinigten Ursachen entspringt ein ungewöhnlicher Zustrom von Blut, eine aktive Kongestion der Lunge. Die Wirkungen dieser sind folgende: Der Platz, den das Blut einnimmt, das die Kapillargefäße anfüllt, geht für die Luft verloren, die in die Lungenkanäle einzudringen sucht. Somit wird der Raum für den Atem eingeschränkt. Die Lunge macht jetzt eine Anstrengung, sich auszudehnen, vermöge welcher gewisse in der Regel sonst untätige Zellen, die glatt und in sich selbst geschlossen waren, sich mit Luft aufblasen und damit das gewöhnliche Feld der Hämatose vergrößern, um eine Verstärkung der Atmung zu ermöglichen, die sich hauptsächlich in den oberen Teilen vollzieht. Auf diese Weise wird in einer gewissen Zeit das Gleichgewicht zwischen dem Blut, das die Lunge durchströmt und dem Luftvolumen, das hineindringt, wieder hergestellt: die Atmung ist reichlicher und tiefer geworden; sie ist gesteigert, aber sie ist nicht unzureichend. Die Atembeschwerde stellt sich noch nicht ein. Aber bald tritt ein wichtiger Faktor der Atembeschwerde hinzu: dies ist die Verminderung des Blutdrucks in den arteriellen Gefäßen. Das Herz gibt infolge der schnelleren Reihenfolge seiner Schläge dem Blut nicht mehr eine so energische Triebkraft, wie in gewöhnlichem Zustande, und die Spannung der Gefäße nimmt ab[1]. Dies ist eine festgestellte und unwiderlegliche Tatsache, das Herz kontrahiert während der Muskelarbeit mit weniger Kraft, als im Zustande der Ruhe. Zum Ersatz dafür können seine Schläge ihre Frequenz mehr als verdoppeln, derart, daß die Schnelligkeit seiner Bewegungen ihre geringere Energie wieder kompensiert und daß seine Arbeit vermehrt wird trotz Minderung der Spannung.

Das Blut, welches weniger lebhaft durch den Pumpenstock des Herzens gejagt wird, zirkuliert mit größerer Schwierigkeit durch die engen Kapillargefäße der Lunge; sein Lauf wird verlangsamt, es tritt eine Art Stagnation ein, eine „Stase" der Blutflüssigkeit, und die Lungengefäße von kleinem Kaliber verstopfen sich. Die *passive Kongestion* der Lunge tritt ein. Diese, mit

[1] Marey, die Blutzirkulation.

Blut überfüllt, bietet der eingeatmeten Luft einen zu geringen Spielraum und setzt dem Durchgang der Blutwelle ein ernstliches Hindernis entgegen. Das Venenblut kann nicht bis zu den Zellen gelangen, um sich von seiner Kohlensäure zu befreien, und es strömt zum Herzen zurück.

Die passive Kongestion der Lunge ist einer der furchtbarsten Faktoren der Atembeschwerde während der Übung. Nun müssen alle Ursachen, welche die Kraft des Blutantriebs in den Kapillargefäßen vermindern, die Lungenkongestion begünstigen: auch läßt sich eine ausgesprochene Tendenz zum Schweratmen bei allen Personen bemerken, deren Herztätigkeit durch eine Affektion der Klappen behindert oder durch eine Minderung der Energie des Herzmuskels geschwächt ist, in allen Fällen, mit einem Worte, wo sich eine Tendenz zur Schwächung der Herzkontraktionen einstellt.

Die Atembeschwerde stellt sich sehr rasch bei sehr geschwächten Personen ein, deren Muskelsystem alle Kraft verloren hat, z. B. bei Rekonvaleszenten, die eine lange Krankheit überstanden haben. Da das Herz ein Muskel ist, nimmt es an der allgemeinen Schlaffheit teil und seine Kontraktionen ermüden bei der geringsten Anstrengung. Nun aber tritt für die Lunge, sobald das Herz matt wird, sofort der Blutandrang ein, und so ergibt sich die Atembeschwerde.

Dies ist die Rolle des Herzens bei der Entstehung der Atembeklemmung; trotz der Richtigkeit der zirkulatorischen Störungen bei der Übung bilden diese Störungen doch nicht die erste Ursache der Atemnot. Sie treten hinzu, um mechanisch das Unbehagen des Schweratmens zu verstärken; indem sie die Tätigkeit der Lunge erschweren, aber sie können auch eintreten ohne daß sich eine Atembeschwerde bemerklich macht.

Eine Reihe von persönlichen Beobachtungen berechtigt mich zu behaupten, daß nach der Übung die Atemnot sehr schnell vergeht, während die zirkulatorischen Störungen noch verhältnismäßig lange anhalten. Die Zahlen, die ich gleich anführen will, beweisen, daß diese beiden Phänomene nicht solidarisch eins für das andere eintreten.

Im letzten Monat Juli konnten wir uns bei der Ersteigung des

Berges Canigou vergewissern, indem wir uns selbst und unsere beiden Führer beobachteten, daß das Herz infolge einer heftigen Anstrengung viel länger erregt bleibt als die Lunge. Wir haben uns vergleichsweise die Anzahl der Atemzüge und diejenige der Pulsschläge unter drei verschiedenen Umständen bei der Besteigung notiert:

1. bei vollständiger Ruhe, 2. bei Erklimmung der letzten Abhänge, die beinahe senkrecht sind, und 3. nach Ankunft auf dem Gipfel, und nachdem wir uns fünf Minuten lang ausgeruht hatten.

Folgendes ist der Durchschnitt der Ergebnisse:

Bei vollständiger Ruhe . . .	Pulsschläge	62,	Atemzüge:	14
Beim steilsten Anstieg . . .	„	123,	„	30
Fünf Minuten nach Ankunft auf dem Gipfel	„	117,	„	14

Sonach sind die Störungen der Herztätigkeit während der Arbeit nicht die erste Ursache der Atembeschwerden, da bei diesen an vier völlig gesunden Personen gemachten Beobachtungen in dem Augenblick, wo das Herz fast noch die doppelte Anzahl seiner normalen Schläge machte, die Lunge wieder ihren normalen Rhythmus erlangt hatte und jegliche Atembeklemmung aufgehört hatte.

Wenn wir die Prüfung der Störungen, welche übermäßige Muskelarbeit im Blutumlauf hervorrufen, bis zu Ende führen, so werden wir eine letzte und sehr ernste Ursache der Atemnot durch Minderung der Herztätigkeit entdecken: dies ist der Einfluß des mit Kohlensäure überladenen Bluts auf den Herzmuskel selbst.

Wir wissen, daß die Kohlensäure einen schwächenden Einfluß auf die Muskelfaser ausübt: injiziert man Kohlensäure in einen Muskel, so wird er gelähmt. Wenn das Blut, das die Herzkammern durchrieselt, in seiner chemischen Zusammensetzung in der Weise verändert wird, daß es eine überschüssige Menge dieser Säure enthält, so übt es auf die elastischen Wände des Organs einen Einfluß aus, der imstande ist, sie ihrer Spannkraft zu berauben. Die Schlaffheit des Herzmuskels wird dann noch zu den anderen Ursachen der Verzögerung des Blutstroms hinzukommen, und so muß schließlich die vollständige Stockung dieser Lebenstätigkeit unvermeidlich werden. In der Tat ist es der

Stillstand des Herzens, der die Reihe aller Erstickungsunfälle abschließt, von denen die bis zu den letzten Grenzen getriebene Atemnot nur eine besondere Form darstellt.

IV

Die meisten Ursachen, welche die Lungentätigkeit weniger wirksam machen, können im Ergebnis auf die passive Lungenkongestion hinaus laufen, infolge von Verlangsamung des Blutstroms in den Kapillargefäßen. Infolge dieser Stockung wird das respiratorische Feld erheblich verringert durch die Blutmasse, die sich in den Gefäßen staut und der eingeatmeten Luft den Zutritt zu den für sie bestimmten Stellen verwehrt.

Die passive Lungenkongestion tritt übrigens erst in einer schon vorgeschrittenen Periode der Atembeschwerde ein, und wenn sie sich bemerklich macht, ruft sie im Rhythmus der Atmung sehr interessante Modifikationen hervor, die bislang den Beobachtern entgangen zu sein scheinen.

Wenn ein Mensch eine Übung bis zum letzten Grade der Anstrengung getrieben hat, die ihm sein Atmungsvermögen gestattet, so weist seine Atmung, die anfänglich lediglich beschleunigt war, zum Schluß ein sehr charakteristisches Merkmal auf, dessen genaue Beschreibung und physiologische Erklärung wir nunmehr geben werden.

Im Zustande der Ruhe sind die beiden Abschnitte der Atmung genau gleich; beobachtet man jedoch einen Menschen, der läuft, in dem Augenblick, wo er auf dem Punkte steht, seine Übung aus Mangel an Atem einzustellen, so bemerkt man, daß der Rhythmus der Atmung sich völlig geändert hat. Bei ihm ist die Einatmung viel länger als die Ausatmung. Wenn man sich zwingt, seinen Atem zu verlangsamen, kann man die Zeit während welcher die Luft in die Brust eintritt, sehr lange ausdehnen, aber es ist unmöglich die Zeit auszudehnen, während welcher die Luft austritt. Eine unfreiwillige Einatmung zieht von neuem Luft in die Brust, bevor diejenige, welche darin enthalten war, Zeit gehabt hat, in ihrer Gesamtheit wieder auszutreten. Der Mensch, welcher sich selbst während einer Übung beobachtet, die außer Atem bringt, hat somit die Empfindung, daß er nicht dazu kom-

men kann, seine Lunge wieder vollständig zu entleeren. Wenn er eine kleine Quantität Luft ausgetrieben hat, fühlt er ein unwiderstehliches Bedürfnis, einen neuen Atemzug zu tun. Wenn er dieses Bedürfnis bekämpfen will, empfindet er dieselbe Schwierigkeit, wie wenn er ein Schlucken zurückhalten will, d. h. eine unwiderstehliche Bewegung, der es ihm unmöglich ist nicht nachzugeben.

Folgendes sehr einfache Experiment hat uns in den Stand gesetzt, den sehr eigentümlichen Charakter, den das Atmen eines außer Atem kommenden Menschen darbietet, festzustellen.

Indem wir in regelmäßiger Gangart auf einer großen Straße uns bewegen und dabei Abschnitte in wohlabgemessenem Laufschritt von gleicher Dauer zurücklegen, beginnen wir eine Einatmung und zählen die Anzahl unserer Schritte, so lange der Laufschritt dauert und bis zu dem Augenblick, wo das Bedürfnis der Ausatmung sehr gebieterisch wird. Lassen wir dann die Luft aus der Brust austreten, indem wir zugleich dafür Sorge tragen, den Austritt so viel als möglich zu verlängern, zählen wir nochmals unsere Schritte bis zu dem Augenblick, wo ein unwiderstehliches Bedürfnis uns zwingt, eine neue Einatmung zu machen. Da die Schritte fast vollständig gleich sind, kann ihre Dauer als Zeiteinheit dienen. Nun können *dreizehn* Schritte gemacht werden während der Periode der Einatmung und nur *fünf* während der Periode der Ausatmung.

Dies ist nach unseren Beobachtungen der Charakter des Atmens während des Laufs. Die Einatmung ist leicht, tief und nichts behindert sie; die Ausatmung dagegen verkürzt, unzulänglich, unterbrochen durch eine unfreiwillige Bewegung des Einatmens und hinterläßt die Empfindung eines nicht befriedigten Bedürfnisses.

Ist diese Modifikation des Rhythmus der Atmung auf den Mechanismus des Laufs und auf die Haltung, die der Körper während dieser Übung hat, zurückzuführen? Nein; denn wenn der Lauf beendet ist, fährt man fort, in den ersten Minuten ebenfalls viel kürzere Ausatmungen zu tun, als die Einatmungen, die ihnen vorhergehen. Wir haben uns übrigens durch Veränderung des Versuchs vergewissern können, daß jede Übung, die außer Atem bringt, welches auch ihre Form sei, diese Störung

des Gleichgewichts zwischen den beiden Zeiten der Respiration hervorruft. Wenn man ficht, wenn man mit großer Schnelligkeit rudert, wenn man Hanteln stemmt, gelangt man ebensogut wie beim Laufen dazu, sich außer Atem zu bringen, und man bemerkt dann dieselbe Ungleichheit der beiden Zeiten der Atmungstätigkeit.

Es ist merkwürdig zu konstatieren, daß das Atmen der Asthmatiker einen dem beschriebenen diametral entgegengesetzten Typus darbietet. Der von einem Asthmaanfall befallene Kranke macht sehr kurze Einatmungen und verlängert umgekehrt seine Ausatmung bis zur doppelten Zeit der Einatmung.

Wir glauben nicht, daß schon jemals jemand die Modifikation, von der wir sprechen und die man als das charakteristische Kennzeichen der durch Muskelarbeit veranlaßten Atembeschwerde betrachten kann, gekennzeichnet hat.

Nach unserer Meinung muß man dafür folgende Erklärung geben. Der erste Erfolg anstrengender Arbeit ist die Beschleunigung des Blutlaufs und somit, wie wir im dritten Kapitel klargestellt haben, die aktive Kongestion der Lunge. Während der Geschwindigkeitsübungen wird die Lunge sehr rasch von der Blutflüssigkeit berieselt und empfindet ein unwiderstehliches Bedürfnis, sich davon durch Beschleunigung des Laufs dieser Flüssigkeit zu befreien. Die Bewegung der Einatmung schafft leeren Raum in der Brust und fügt folglich der Schnelligkeit des Blutes noch eine Zugkraft hinzu, die sich bestrebt, die allzusehr gefüllten Kapillargefäße auszuschwemmen. Dieses Bestreben hält an während der ganzen Zeit, in der die Rippen sich heben, auch bildet diese Bewegung für den außer Atem kommenden Menschen eine Erleichterung; während, wenn die Rippen sich senken, um die Luft aus der Brust zu treiben und die Bewegung des Ausatmens zu vollziehen, der Blutlauf sich verlangsamt und die Lunge sich füllt. Daher das Unbehagen und der unwiderstehliche Drang nach einer schnellen Wiederholung der Bewegung des Atemholens.

Man kann sagen, daß die Lunge des außer Atem kommenden Menschen zwischen diesen beiden verschiedenen Bedürfnissen hin und her gezerrt wird. Einerseits muß sie die Kohlensäure

und andere Produkte der Zersetzung ausscheiden, und hierzu würde eine lange Ausatmung notwendig sein; aber anderseits hat sie auch Eile, sich von dem Blut zu entlasten, das sie überfüllt, und daher verkürzt sie ihre Ausatmung, um schnell wieder zur Einatmung zurückzukehren, wodurch das Ausspülen ihrer Kapillaren begünstigt wird.

Um den Typus des Atmens beim Außeratemsein zu beobachten, muß man die Übung ziemlich weit treiben; denn die so charakteristische Modifikation, die wir gekennzeichnet haben, pflegt erst kurz vor dem Augenblick einzutreten, wo die Arbeit unmöglich wird. Im Augenblick, wo sie sich einstellt, ist die Erzeugung von Kohlensäure nicht mehr im Gleichgewicht mit dem Ausscheidungsvermögen der Lunge und die Atemnot beginnt eine wesentliche Gefahr zu werden.

V

Es gibt bei der Muskelarbeit einen Akt, dessen häufiger Eintritt eine sehr wirksame Ursache des Außeratemkommens ist: dies ist die Anstrengung.

Die Anspannung hat die momentane Unterdrückung der Atmung zur Folge und dies ist bereits eine Hinderung der Lungenfunktion, aber dieser Akt übt außerdem noch einen Einfluß auf das Herz und die Blutgefäße aus, zufolge der Notwendigkeit, in der er die von der Brust umschlossenen Organe zum Stützpunkt für die Rippen macht. In der Tat knüpfen die mächtigen Muskeln, welche gebraucht werden, um den Brustkasten während der Ausführung von Bewegungen, die eine große Kraftausgabe verlangen, an den Rippen an. Die Lunge, durch einen starken Atemzug mit Luft geschwellt, spielt nun gewissermaßen die Rolle eines Kissens, auf welches der Druck der Rippen sich legt, und dieser Druck überträgt sich auf die großen Gefäße des Brustkastens, die Venen, die Aorta und das Herz selbst.

Es ist leicht zu begreifen, welche Ermüdung für den Herzmuskel und die kontraktilen Gefäßwände der Blutgefäße aus dieser mechanischen Tätigkeit sich ergibt, welche heftig und in übermäßigen Proportionen die Spannung des Bluts in dem Baum des Blutumlaufs steigert.

Jede Übung, die eine Reihe von rasch aufeinander folgenden Kraftanspannungen fordert, führt rasch zur Ermüdung des Herzens und zur Verminderung der Kontraktionsfähigkeit der Arterien. Hieraus entspringt ein Zustand vorübergehender Asystolie und das Subjekt befindet sich für einige Minuten in der Lage eines Menschen, der von einer Herzaffektion befallen ist. Die Atemnot tritt alsdann infolge einer Art von Überanstrengung des Herzens ein und die passive Lungenkongestion ist deren augenblickliche Folge.

Wenn man sich einer Übung unterzieht, die besonders lange Kraftanstrengung fordert, so kommt man in erstaunlicher Schnelligkeit außer Atem.

Zwei Ringer, die sich gepackt haben und einer den anderen zu werfen bemüht ist, bleiben sekundenlang in völliger Unbeweglichkeit, da ihre beiderseitigen Kraftanstemmungen sich gegenseitig paralysieren; plötzlich ermattet einer der beiden Kämpfer und sinkt unter dem Druck des anderen nieder. Kaum eine halbe Minute ist verflossen, und doch sind beide Ringkämpfer blaß, atemlos, unfähig, ein Wort zu sprechen. Es scheint, daß während einiger Augenblicke die Luft nicht in ihre Brust eintreten kann. Unter dem energischen Druck, der durch die athletische Kraftanspannung veranlaßt ist, haben sich die großen Gefäße so sehr ausgedehnt, daß sie momentan ihre Federkraft verlieren, das Herz ist so sehr komprimiert, daß es zu schlagen aufhört, und die Lunge mit Blut überfüllt, welches keinen Antrieb mehr empfängt, sie bleibt einen Augenblick unter dem Druck einer passiven Kongestion außerstande zu funktionieren.

Die Anstrengung spielt eine wichtige Rolle bei jeder Bewegung, die sich mit der ganzen Kraft vollzieht, deren das Subjekt fähig ist. Sehr oft hat man die Anstrengung auf die von einem Menschen in Verlauf seiner Übung verwendete Energie in ihrer Gesamtheit höher anzuschlagen, als den Mechanismus der Übung. So z. B. benötigt der Dauerlauf keinen Aufwand von Kraftanspannung, während dieser Akt von Wichtigkeit ist beim Schnelligkeitslauf. Auch kann der letztere nur während kurzer Zeit ohne Atembeschwerde ausgehalten werden.

IV. DAS AUSSERATEMKOMMEN

Die drei Perioden des Außeratemseins — erste oder heilsame Periode, gesteigertes, aber nicht unzulängliches Atmen — zweite Periode · Symptome einer leichten Vergiftung mit Kohlensäure, bleifarbener Teint; erschwerte Atmung; die allgemeinen Beschwerden · Dritte Periode oder die Periode des Erstickungsgefühls · Hirnstörungen; schwere Symptome von Kohlensäurevergiftung; Schwindelgefühl; unbewußte Bewegungen; Ohnmachtsanfälle; Stillstand des Herzens · Tatsachen der Beobachtung · Gefahren des Laufs als Sport · Ein zu lebhafter Fechtergang · Tiere, die aus Atemnot fallen; das zu Schanden gerittene Pferd · Tod einer Brieftaube · Das Zurstreckebringen bei der Hetzjagd

Wir kennen jetzt den Einfluß der Muskelarbeit auf die chemischen Erscheinungen der Atmung und auf ihren Mechanismus; wir haben auch die Wirkungen der Arbeit auf den Blutumlauf und auf die Bewegungen des Herzens erörtert. Wir haben somit alle Voraussetzungen gesammelt, um die Physiologie dieses sehr zusammengesetzten Allgemeinzustandes, den man Außeratemkommen nennt, klarzustellen, und wir können ihre wichtigsten Züge in einer summarischen Skizze zusammenfassen.

Die erste Ursache des Außeratemkommens während der Übung ist die übermäßige Erzeugung von Kohlensäure.

Hinzutretende Ursachen sind: 1. die Störungen, welche die Muskelarbeit in den Atembewegungen hervorruft, und 2. die Störungen des Blutumlaufs und die Kongestion der Lunge, die daraus entspringt. Wir haben gesehen, wie die Kohlensäure sich im Übermaß erzeugt infolge der Verbrennungen, welche die Muskelarbeit fordert. Wir haben gesehen, wie alles sich vereinigt, um ihre Anhäufung zu begünstigen. Wir stehen einem Organismus gegenüber, der mit einer Ursache der Desorganisation kämpft. Es bleibt noch übrig, die verschiedenen Stadien dieses Kampfes zu prüfen und die Art und Weise, in welcher der Organismus sich verteidigt, die Bedingungen, unter denen er die Oberhand behält, und diejenigen, unter denen er unterliegen muß.

I

Man kann die Symptome, die ein Mensch darbietet, der unter dem Einfluß einer anstrengenden Übung steht, in drei Perioden einteilen.

In der ersten Periode werden die Atembewegungen an Zahl vermehrt und in ihrer Ausdehnung vergrößert. Die Produktion von Kohlensäure ist gesteigert, aber, da auch die Atmungsenergie gewachsen ist, besteht ein Gleichgewicht zwischen den Bedürfnissen des Organismus, der eine aktivere Ausscheidung dieses Gases verlangt, und der Funktion der Lunge, die intensiv genug ist, dasselbe zu befriedigen. Während eines Zeitraums, der individuell sehr verschieden ist, je nach der Ausbildung, der Widerstandskraft gegen Ermüdung und vor allem der Fähigkeit, die Atmung vermöge einer Erziehung des Atmens zu leiten, treten nur die Symptome größerer Lebenstätigkeit ein und noch keine Zeichen funktioneller Störungen, noch kein ausgesprochenes Gefühl von Unbehagen. Der Mensch empfindet ein allgemeines Wärmegefühl, vielleicht einige Pulsschläge in den Schläfen und zeigt ein belebtes Gesicht, gerötet, blitzende Augen, den allgemeinen Anblick des Aufblühens, der eine Folge der stärkeren Zirkulation des Bluts und der sich daraus ergebenden aktiven Kongestion ist. Mit einem Wort, er befindet sich in der Periode, wo die Übung ein größeres Lebensgefühl mit sich führt ohne die Grenze des Unbehagens und der Gefahr zu erreichen.

Dies ist die in Wahrheit *heilsame Periode der Übung*, die Grenze innerhalb deren man sich zu halten hat, wenn die Arbeit keine nachteiligen Folgen haben soll. Aber nichts ist bei den verschiedenen Individuen wechselnder, als die Dauer dieser unschädlichen Periode, die schon in gewisser Weise das Vorspiel des Außeratemkommens bildet. Bei dem einen kann sie eine Stunde lang dauern; bei einem andern genügen wenige Sekunden, um in die zweite Periode zu gelangen, wo das Unbehagen beginnt.

Wenn die anstrengende Übung sich in die Länge zieht, so wird bald das Gleichgewicht zwischen der Erzeugung von Kohlensäure, die immer reichlicher wird, und dem Ausscheidungsver-

mögen der Lunge, das von Augenblick zu Augenblick geringer wird, gestört. Die Atembeschwerde stellt sich ein.

In der *zweiten Periode* beginnen sich die Folgen unzulänglicher Atmung bemerklich zu machen. Man empfindet ein unbestimmtes Gefühl von Unbehagen, das hauptsächlich in der Herzgegend ausbricht, sich aber schnell über den ganzen Körper ausbreitet und namentlich den Kopf benimmt. In der Brust hat man die Empfindung eines Gewichts, das sie belastet, einer Stange, die sich verschiebt, des Mangels an Luft. Im Kopfe ist es, als wenn Nebel das Gesicht bewölken, Funken flimmern vor den Augen, in den Ohren vernimmt man ein Brausen und Klingen, und schließlich tritt eine gewisse Abstumpfung der Sinneswahrnehmungen ein, eine gewisse Verwirrung in den Eindrücken und Vorstellungen. Alle diese Störungen rühren von dem Einfluß her, den die übermäßige Kohlensäure auf die Nervenzentren ausübt. Sie bezeichnen den Beginn der Vergiftung.

In der Physiognomie machen sich Veränderungen bemerkbar, welche die Folge der Atemnot und der Anstrengungen sind, die man macht, um eine größere Menge Luft in die Lunge zu bringen. Alle Öffnungen des Antlitzes sind weit geöffnet; die Nasenflügel aufgebläht, der Mund und die Augen weit aufgerissen. Alles scheint sich zu öffnen, um den Eintritt der Luft zu begünstigen, welche die Lunge mit Anstrengung fordert.

Bei gewissen Tieren zeigt sich diese Bewegung des Organismus, die sich mit der Atmungsbeschwerde verknüpft hauptsächlich an den Nasenlöchern. Das Pferd, welches nach dem Rennen zum Wiegeplatz zurückkehrt, bietet den Typus des Außeratemseins, und man kann bei ihm diese Bewegung, dies Hin und Her der Nüstern studieren, welches jede Bewegung der Flanke begleitet.

Die abwechselnde Bewegung der Erweiterung und Verengung der Nasenlöcher hat zum Zweck, einen größeren Weg für die in die Brust gezogene Luft zu schaffen. Sie tritt bei jedem Geschöpf ein, das einem gesteigerten Atmungsbedürfnis anheimfällt — ein Kind, das von einer starken Bronchitis oder einer Lungenentzündung befallen ist, zeigt uns, wenn man es schlafend in seinem Bette betrachtet, eine sehr charakteristische Bewegung

der Nasenlöcher, die den Arzt sofort instand setzt, auf eine Krankheit der Atmungsorgane zu schließen.

Die Gesichtsfarbe eines außer Atem gekommenen Menschen bietet dem Beobachter sehr auffällige Kennzeichen. Bei Beginn der Übung haben wir die Belebtheit, die intensive Färbung des Gesichts unter dem Einfluß der aktiven Kongestion hervorgehoben. Aber in der Periode, die wir jetzt beschreiben, hat sich das Bild verändert. An die Stelle der lebhaften Rötung ist eine blaße und bleiche Gesichtsfarbe getreten.

Diese Blässe hat etwas Eigentümliches, sie ist nicht gleichförmig. Gewisse Teile des Gesichts, wie z. B. die Lippen, die Backen haben eine bläulich dunkle Färbung, der Rest ist weiß und farblos. Aus dem Zusammenwirken dieser beiden Gesichtsfarben, deren eine dunkler, die andere lichter ist, ergibt sich als Gesamteffekt ein graues bleifarbenes, fahles Aussehen. Dies verschiedenartige Aussehen des Angesichts erklärt sich folgendermaßen. Die bläuliche Gesichtsfarbe wird verursacht durch das Blut, das in den Teilen der Kapillargefäße, die ihre Spannkraft zu verlieren beginnen und es nicht mehr zirkulieren lassen können, zurückgehalten wird. Dieses mit Kohlensäure überladene Blut hat seine rötliche Farbe verloren, auch die Lippen und andere Teile des Gesichts, wo man es durchschimmern sieht, sind nicht mehr so rot, wie im normalen Zustande: sie zeigen uns die charakteristische schwärzliche Farbe des Venenblutes.

Was die Blässe betrifft, so wird diese durch eine vorübergehende Blutarmut, durch eine Leere verursacht, die sich in den arteriellen Gefäßen von kleinem Kaliber bildet. Das Herz, dessen Energie in demselben Verhältnisse abnimmt, in dem die Atembeschwerde zunimmt, sendet diesen nicht mehr die hinreichende Menge von Blut, und es ist begreiflich, daß ein Teil, der weniger Blut empfängt, notwendig auch weniger Farbe hat. Die bleierne Gesichtsfarbe bei einem außer Atem gekommenen Menschen deutet auf eine tiefe Störung des Organismus. Die Übung darf auf keinen Fall fortgesetzt werden, wenn diese eintritt; denn sie kündet den Anfang der Erstickung an.

In dieser Periode des Außeratemkommens macht sich die sehr charakteristische des Rhythmus beim Atmen bemerklich, die wir

an uns selbst beobachtet und im vorgehenden Kapitel beschrieben haben. Die Respiration verliert ihren gewöhnlichen Rhythmus und ihre beiden Zeiten werden ungleich. Der erste Zeitteil wächst und der zweite nimmt ab; die Einatmung wird dreimal so lang als die Ausatmung. Diese Modifikation des Atmungsrhythmus ist das Anzeichen einer Stockung des Blutes in den Kapillargefäßen der Lungen. Sobald sie eintritt, kann man vorher sehen, daß der Organismus am Ende seiner Kräfte gegen das giftige Agens, das ihn bedrängt, nicht mehr mit Vorteil ankämpfen kann. Die überfüllte Lunge scheidet eine geringere Quantität Kohlensäure aus, als sich durch die Muskelarbeit bildet. Die Vergiftung des Organismus steht bevor.

Wird die Übung fortgesetzt, so sieht man den Zustand sich schnell verschlimmern. Man kann die *dritte Phase* des Außeratemkommens, in welche man den Organismus unter dem Einfluß der anstrengenden Übung eintreten sieht, als die Periode des Erstickungsanfalls bezeichnen. Diese dritte Periode bietet folgendes Bild. Auf die Atembeschwerde folgt ein Angstgefühl, das sich über den ganzen Organismus verbreitet. Der Kopf scheint durch ein eisernes Band eingezwängt zu werden. Bald treten Schwindelgefühle hinzu. Die Gefühle aller Art werden immer unbestimmter; des Gehirns bemächtigt sich eine Art von Rausch. Das Subjekt beginnt nicht mehr ein klares Bewußtsein von dem, was um ihn herum vorgeht, zu behalten; die Muskeln fahren noch fort, maschinenmäßig zu funktionieren, bis sie schließlich zu jeder Bewegung unfähig werden, und der Mensch sinkt ohnmächtig zusammen.

Die Atmung bietet in diesem Moment nicht mehr den Typus der voraufgehenden Periode, ihre beiden Zeiten sind gleichmäßig kurz, ruckweise von Pausen unterbrochen, dazwischen mischt sich eine Art Schlingbewegung, ein Schlucken. Das Herz wird schwach, seine Schläge zeigen Unterbrechungen. Der Puls ist klein, unregelmäßig, kaum wahrnehmbar. Wenn die Übung bis zu den äußersten Grenzen getrieben wird, so wird fast immer ein Zusammenbruch sie unterbrechen, und wenn der Mensch jetzt keine Hülfeleistung erhält, kann dieser Zusammenbruch tödlich werden.

II

Die Beschreibung, die wir vom Außeratemkommen geben, ist kein Phantasiebild. Wir haben gewisse Phasen derselben an uns selbst und an einem Freunde[1], der sich für unsere Untersuchungen bereitwillig hergab, studieren können.

Was die schlimmsten Phasen betrifft, so können wir sie häufig in England, dem Lande des Sports und der Wetten, beobachten. Nicht selten lassen sich Fälle von schweren Zusammenbrüchen beobachten, die einen Läufer in seinem Ansturm aufhalten. Oft endet ein Match, der zwischen zwei Fußgängern eingegangen ist, bevor das Ziel erreicht wird. Einer der Wettkämpfer, der bis zur äußersten Grenze des Außeratmens gekommen ist, sinkt auf der Straße bewußtlos hin und muß durch Reibungen und Herzanregungsmittel, die ihm seine Genossen spenden, wieder ins Leben gerufen werden. Oft erhebt sich der unglückliche Atemlose wieder und will, nachdem er einige Stöße der Kohlensäure, die ihn erstickt, ausgestoßen hat, von neuem anfangen zu laufen, aber die Muskeln sind mit dem Gase, das für sie ein Gift ist und ihnen alle Energie raubt, durchtränkt. Das Herz selbst, von Blut, das mit diesem giftigen Produkt durchsetzt ist, gebadet, verliert seine Kraft. Der Herzmuskel ist gelähmt und der Blutumlauf unterbrochen. Die Zustände nehmen einen sehr bedenklichen Charakter an und oft müssen sehr energische Mittel angewendet werden, um den Übereifrigen, der die Grenzen seiner Kraft überschritten hat, wieder ins Leben zu rufen. Einer unserer Freunde, der ein wenig durch übermäßige geistige Arbeit geschwächt war, wollte sich wieder den körperlichen Übungen zuwenden, die er seit langer Zeit aufgegeben hatte und kehrte in den Fechtsaal zurück. Er war ein ausgezeichneter Fechter und sobald er das Florett in in der Hand hatte, vergaß er seine Schwäche und dachte nur daran, die ganze Geschwindigkeit des Angriffs und die Energie seiner Gegenstöße wieder zu finden. Nach einem Gange von zehn Minuten fühlte er sich von einer sehr starken Atembeschwerde

[1] Dieser Freund ist Herr A. du Mazaubrun aus Limoges; wir sprechen an dieser Stelle ihm unsern Dank für seine einsichtige Mitwirkung aus.

ergriffen, aber er wollte fortfahren zu fechten. Plötzlich sahen wir ihn bewußtlos zusammenbrechen, mit bleichem Angesicht, die Stirn mit kaltem Schweiß bedeckt. Der Atem stockte und der Puls schlug nicht mehr. Man kam ihm sofort zu Hülfe und dank der horizontalen Lage, die man ihn wahren ließ, und kräftiger Peitschungen auf die Brust und die Schläfen mit einem nassen Tuch, begann das Herz wieder zu schlagen und das Bewußtsein kehrte zurück.

Es war ein Ohnmachtsanfall infolge von Atembeschwerde und im übrigen begünstigt durch die Schwäche des Subjekts.

Die Ohnmacht ist das häufige Endergebnis des Außeratemkommens, ebenso wie des Erstickungsanfalls, von dem die Atembeschwerden infolge von Anstrengung nur eine besondere Form darstellen.

Dies sind die Symptome und der Gang der respiratorischen Ermüdung und die Gefahren, denen man sich aussetzt, wenn man gegen die Atemnot ankämpfen will.

Das Außeratemsein ist ein „bis hierher und nicht weiter", das der Instinkt der Selbsterhaltung uns zuruft. Das lebhafte Unwohlsein, welches damit verknüpft ist, ist ein wahrer Angstschrei des Organismus, gegen den das Lebewesen nicht ungestraft taub sein darf. Der Atemnot unterliegen in der Regel die Tiere, welche einer Überanstrengung in Schnelligkeit unterworfen werden. Das Pferd, welches nach einem Ausspruch Buffons — „stirbt, nur um zu gehorchen" — gibt uns öfters als irgendein anderes Tier die Gelegenheit, die Todesart, von der wir sprechen, zu beobachten. Nichts ist häufiger, als ein Pferd zwischen den Schenkeln eines Reiters, den es trägt, tot zusammenbrechen zu sehen. Wenn der Atem ihm ausgeht und es sich verschnaufen möchte, antwortet man ihm mit Peitsche und Sporen, und es fährt fort zu galoppieren. Aber der Augenblick kommt, wo die in dem Organismus durch das unsinnige Rennen, das man ihm abnötigt, aufgehäufte Kohlensäure genügt, um den Tod herbeizuführen, und das Tier bricht erstickt zusammen.

Die Mehrzahl der Tiere, die plötzlich während einer zu angestrengten Arbeit zusammenbrechen, sterben infolge von Atemnot. Dies ist ein häufiger Anfall bei allen Tieren, von denen man

große Geschwindigkeit verlangt, und selbst die Vögel, die doch so außerordentlich veranlagt sind, schnell zu fliegen, können ihm zum Opfer fallen.

Wir haben ein merkwürdiges Beispiel des Todes einer Brieftaube infolge von Atemnot beobachtet.

Die Brieftauben werden einer besonderen Abrichtung unterzogen, die darin besteht, sie allmählich in immer entfernteren Etappen von ihrem Taubenschlag loszulassen. Der Vogel wird durch seinen Instinkt getrieben, in seine Heimat zurückzukehren, und sei es nun die Hast, zum Schlage zurückzukommen, sei es Wetteifer, er scheint, um sein Ziel zu erreichen, alle Schnelligkeit zu entfalten, deren seine Flügel fähig sind.

Einer unserer Freunde besaß eine Taube, welche die schnellste in der ganzen Gegend war und die noch niemals bei einem Wettflug übertroffen worden war. Eines Tages hatte ihr Eigentümer, der in Limoges wohnte, sie nach Bayonne geschickt, von wo ab man sie loslassen sollte, und wir erwarteten ihre Rückkehr, wohl wissend, daß sie die 600 km, die uns von dem Punkte ihrer Abreise trennten, bald zurücklegen würde. Diesmal übertraf ihre Schnelligkeit unsere Erwartung, und schon sieben Stunden nach dem für die Freigabe bestimmten Moment, sahen wir das tapfere kleine Tierchen wieder erscheinen; wir stießen einen Schrei des Erstaunens aus, aber das arme Täubchen mußte diesmal die ruhmreiche Leistung mit seinem Leben bezahlen. In dem Augenblicke, wo es sich auf den Schlag niederlassen wollte, sahen wir es plötzlich mit den Flügeln schlagen, sich um sich selber drehen und wie einen Ball auf das Dach fallen, wo es verendete[1].

Man muß bemerken, daß nicht jedes Tier, das aus Ermattung stirbt, infolge von Atemlosigkeit stirbt. Die Tiere, die man auf der Hetzjagd erlegt, unterliegen meistens infolge eines anderen Mechanismus, den wir später unter dem Namen der Überanstrengung studieren werden. Doch kann es auf der Hetzjagd

[1] Man sieht oft ermüdete Wachteln auf den Seeschiffen niederfallen. Man hat sie selbst in Städten auf Häusern und in Straßen fallen sehen, in diesem Fall steht der Vogel unter dem Einfluß der Muskelermüdung und sein Zustand ist weniger schlimm als die Atemnot. Die Wachteln, die sich so aus Unfähigkeit zu fliegen, greifen lassen, sterben nicht und können jahrelang gefangen gehalten werden.

vorkommen, daß man ein Tier so lange zum Laufen zwingt, bis der Tod eintritt. Dies ist der Fall eines Tieres, das aufgetrieben wird und sich auf seine Schnelligkeit verläßt, um den Hunden zu entgehen. Wenn das Tier zu jung ist, kann es gefaßt werden, bevor es das Gehölz erreicht, in dem es eine neue Zuflucht zu finden hofft. Dann ist es die Atemlosigkeit, die es dem Jäger überliefert. Aber dies geschieht selten, und in den meisten Fällen vermag das aufgehetzte Wild von Zeit zu Zeit anzuhalten, sei es, um sich zu verstecken, wenn's ein Reh oder Hase ist, sei es, um standzuhalten, wenn es ein Eber ist.

Diese Zeiten eines kurzen Aufenthaltes genügen für das Tier, um seine Atmung zu regularisieren und den Überschuß von Kohlensäure, der seinen Organismus vergiftete, auszuscheiden. Nach Verlauf von einigen Minuten ist es dann wieder fähig aufzubrechen, und die Verfolgung kann sich dann oft einen ganzen Tag lang hinziehen. In diesen Fällen endet das Tier schließlich infolge von Abhetzung und Ermüdung, der Tod ist dann nicht ausschließlich die Folge unzulänglichen Atmens; er ist das Ergebnis einer tiefgreifenden Zersetzung der lebendigen Gewebe, die wir in dem Kapitel über die Überanstrengung erörtern werden.

V. DIE STEIFIGKEIT

Die Rückkehr zur Turnhalle; eine schlaflose Nacht · Fieberhafte Muskelsteifigkeit · Die drei Grade der Ermüdungssteifigkeit · Die Bedingungen des Steifwerdens; Immunität durch Gewöhnung · Erklärung der Symptome · Unzulänglichkeit der Theorien · Lokale Erscheinungen; sie sind die Folge von traumatischen Verletzungen · Allgemeine Symptome; sie sind die Folge von Selbstvergiftung · Die Sedimente im Urin · Einfluß der Muskelarbeit auf deren Erzeugung, verschiedene Ansichten der Autoren · Persönliche Beobachtungen · Bedingungen, unter denen die Erzeugung der Sedimente nach der Arbeit sich verschieden gestaltet · Spätes Auftreten der Sedimente nach der Übung · Einfluß der Intensität der Arbeit auf ihre Erzeugung · Bislang verkannter Einfluß des Zustandes der Trainierung · Konstante Beziehung zwischen dem Auftreten der Steifigkeit und der Bildung der Sedimente · Die Beziehung findet sich in allen Bedingungen wieder, die das Subjekt der Ermüdung zugänglicher machen · Einfluß seelischer Ursachen auf die nachfolgende Ermüdung und die Sedimente

Wenn man sich mehrere Monate lang jeglicher Übung enthalten hat und eines Tages zur Turnhalle zurückkehrt, so findet man gewöhnlich beim ersten Versuch sich wieder im vollen Besitz seiner Kraft. Die Aufzüge, die Übergänge von Unterarmstütz in Streckstütz, die schwierigsten Bewegungen vollzieht man ohne Mühe wie in der Zeit, wo man sie eifrig betrieben hatte. Man überläßt sich dem Vergnügen, die so lange vernachlässigten Geräte wiederzufinden, man verschwendet die Arbeit seiner Muskeln und ist schließlich, wenn man die Übungen ziemlich in die Länge gezogen hat, beim Aufhören einigermaßen erstaunt, keine Ermüdung nach einer so schön verbrachten Stunde verspürt zu haben.

Abends jedoch läßt uns ein etwas zerschlagenes Gefühl und eine gewisse Schläfrigkeit bedenken, daß die anstrengende Übung des Tages etwas mehr Ausruhen bedingt und man beeilt sich im Schlaf die Wiederherstellung der verausgabten Kraft zu suchen.

Aber der Schlaf will nicht kommen; er wird unmöglich durch eine übermäßige Aufregung, durch eine unerträgliche Hitze im ganzen Körper, durch Kopfschmerzen, ja sogar durch Fieberphantasien. Wenn dann gegen Morgen die Augen sich einen Augenblick schließen, erwacht man wie zerschlagen, bedeckt mit Schweiß; die Glieder sind steif geworden und schwer beweglich; der Kopf ist schwer, die Zunge belegt, der Appetit mangelhaft.

Am Tage beruhigt sich der fieberhafte Zustand der Nacht; aber es verbleibt ein allgemeiner Zustand des Unbehagens, Unfähigkeit zur Arbeit, eine Empfindung äußerster Mattigkeit, zerschlagene Beine.

Nach Verlauf von 24 Stunden pflegt das allgemeine Unbehagen zu schwinden, aber es bleiben lokale Beschwerden, und noch während fünf oder sechs Tagen bleiben die Muskeln, die an der anstrengenden Übung teilgenommen haben, steif, empfindlich gegen Berührung, unfähig jeder Anstrengung.

Dies ist das gewöhnliche Bild der Steifigkeit infolge von Muskelanstrengungen.

I

Die Steifigkeit bietet nicht immer dieselbe Gesamtheit von Symptomen, weil sie verschiedene Grade hat.

Wenn die Arbeit, deren Gewohnheit wir verloren hatten, mit einer gewissen Mäßigung verrichtet wurde und vor allem, wenn sie auf begrenzte Muskelgruppen beschränkt wurde, so bleibt ihr Erfolg gewöhnlich örtlich begrenzt und beschränkt sich auf Muskelschmerzen, die während einiger Tage die Bewegung der bei der Übung benutzten Glieder erschwert — dies ist die Steifigkeit ersten Grades.

Wenn die Muskelanstrengungen sehr intensiv und von langer Dauer waren, ohne jedoch die Widerstandskraft des Organismus zu überschreiten, so treten allgemeine Beschwerden zu den lokalen Schmerzen hinzu und erzeugen ein undefinierbares Gefühl von Mattigkeit, Unfähigkeit zur Arbeit, das sich auch auf Muskeln erstreckt, die keinen Anteil an der Übung genommen haben. Aber der Puls bleibt ruhig und es zeigt sich noch keins der geschilderten Fiebersymptome. Ein wenig Zerschlagenheit,

Empfindlichkeit gegen Kälte, bildet das einzige Zeichen vorübergehender Gesundheitsstörung — dies ist der zweite Grad der Steifigkeit; derjenige, den man am häufigsten beobachtet, und auf den wir hauptsächlich unser Augenmerk richten werden.

Endlich wenn die Übung von übermäßiger Heftigkeit war oder wenn sie einem zu wenig widerstandsfähigen Organismus zugemutet wurde, nimmt das nachfolgende Unwohlsein die Form eines Fiebers an. — Dies ist die fieberhafte Steifigkeit, wie wir sie oben zu Anfang beschrieben haben.

Das sog. Muskelfieber, eine typische Form nachfolgender Ermüdung, beginnt im allgemeinen einige Stunden nach der Übung, der es seinen Ursprung verdankt. Es kann ihm ein Schüttelfrost vorausgehen und das vollständige Bild eines schweren Fieberanfalls darbieten. Die Heftigkeit seiner Symptome kann manchmal sogar die Diagnose des Arztes täuschen und diesem ein ernstliches Fieber, eine Vergiftung durch Sumpfluft oder irgendeine andere mit Fieber verknüpfte Krankheit vortäuschen. Endlich kann sie auch manchmal über den gewöhnlichen Termin ihrer Dauer hinaus anhalten und drei oder vier Tage und selbst noch länger dauern.

Die Intensität der Steifigkeit steht nicht immer im Verhältnis zu der unmittelbaren Ermüdung, die man im Laufe der Arbeit empfindet, und zwingt die Muskeln ihre Tätigkeit einzustellen. Manchmal folgt auf die Übung eine Steifigkeit, ohne daß man während ihrer Ausübung irgendwelche Muskelermüdung bemerkte. Im Gegenteil kann die Arbeit zuweilen bis zur äußersten Grenze der Kräfte des Subjekts getrieben werden, ohne daß dieses die geringste nachträgliche Beschwerde empfindet.

Dies kommt daher, weil die Steifigkeit viel mehr von den Bedingungen abhängt, in denen das Subjekt sich befindet, als von denjenigen, unter welchen es die Arbeit verrichtet. Eine mäßige Übung, wie z. B. ein Marsch, kann bei einem Menschen, der sich an absolute Untätigkeit gewöhnt hatte, eine fieberhafte Steifigkeit hervorrufen, während der Lauf oder das Fechten bei einem wohl trainierten Subjekt keinerlei nachfolgendes Unwohlsein hervorrufen wird, nicht einmal eine lokale.

Bevor wir die Ursachen dieser durch Gewöhnung erworbenen Immunität untersuchen, ist es erforderlich, die Ursache und den Mechanismus der Symptome der Steifigkeit festzustellen.

Zunächst hat man die Erscheinungen die man bei der von der Steifigkeit befallenen Subjekten beobachtet, in zwei Gruppen zu zerlegen. Man muß einerseits die lokalen und andererseits die allgemeinen Symptome dieser Ermüdungsform besonders erforschen.

Die lokalen Symptome sind bislang mehr als die anderen untersucht, aber nach Richet noch keineswegs hinreichend erklärt worden[1]. Unter den Einfluß der organischen Verbrennungen, welche die Muskelarbeit begleiten, wird in den Muskel überschüssige *Milchsäure* produziert. Nach den angenommenen Theorien würde diese Substanz, indem sie die Muskelfaser durchfeuchtet und sättigt, fähig sein, dieselbe momentan ihrer kontraktiven Kraft zu berauben.

„Aber zunächst," sagt Richet — „haben die neueren Beobachtungen bewiesen, daß sich nur wenig Milchsäure während der Kontraktion zeigt. Sodann müßte das alkalische Blut, das unaufhörlich den Muskel durchströmt, in jedem Augenblick die gebildete Milchsäure neutralisieren. Endlich, wie soll man sich erklären, daß dieser und jener Muskel noch mehrere Tage nach der Anstrengung schmerzhaft bleibt? Sicherlich finden sich dann in demselben keine Spuren von Milchsäure mehr, welche die Kontraktion sechsundsiebenzig Stunden vorher beschafft hätte"[2].

[1] Ch. Richet, Les muscles et les nerfs. Paris. Felix Alcan. [2] Die Milchsäure spielt jedoch eine gewisse Rolle bei den lokalen Phänomenen der Steifigkeit. Aber ihr Einfluß ist vorübergehend. Dem Kontakt der Milchsäure muß man die Steife zuschreiben, die sich fast augenblicklich in dem überanstrengten Gliede einstellt, wenn der Blutumlauf durch die Tatsache der Ruhe selbst sich verlangsamt. Diese Steifheit, die die Wiederaufnahme der Arbeit so erschwert, pflegt sofort zu verschwinden infolge einiger energischer Bewegungen, die das Blut in die Muskeln zurückführen. Die Steifheit, die durch das Ausruhen erzeugt wird, ist nicht so sehr eine Folge der Abkühlung des Muskels, als vielmehr der Verminderung der Zirkulation. Das Blut badet nicht mehr so kräftig die Muskelfaser, wenn der Muskel aufhört, sich zusammenzuziehen. Wenn man die Arbeit wieder aufnimmt, spült der Blutstrom wieder intensiver geworden die Milchsäure, welche die Faser durchtränkte, hinweg und mehr noch dank seiner alkalischen Eigenschaften neutralisiert er diese Säure.

Nach unserer Meinung lassen sich die andauernden lokalen Schmerzen durch eine Reihe kleinster materieller Verletzungen erklären.

Wenn man eine Körpergegend energischen Pressungen unterwirft, längeren Manipulationen, wie sie beispielsweise das Ergebnis einer übermäßig kräftigen Massage sein können, so ruft man in den so gequetschten Muskelmassen anhaltende schmerzhafte Phänomene hervor, die den Muskelschmerzen der Steifigkeit vollkommen analog sind.

Andererseits sieht man häufig, daß eine übermäßige Arbeit den Muskeln, den Gelenken und Sehnen eine Reihe von Verletzungen zufügt, die völlig solchen gleichen, die durch äußere Gewalt hervorgerufen sein könnten. Entzündungen der Muskeln können bis zur Eiterung gehen, Entzündungen der Gelenkscheiden mit schmerzhafter Zerrung der Sehnen können aus einer Überanstrengung der Bewegungsorgane ebenso resultieren, wie aus einer ihnen äußerlich angetanen Gewalt. — Der Mechanismus der Schädigung ist in beiden Fällen ganz derselbe. Der Schmerz, den man in einem Muskel verspürt, der zuviel gearbeitet hat, ist nur die erste Stufe einer Reihe von kleinen Verletzungen, ähnlich denen, die man als Folge irgendeines Traumatismus beobachtet. Man darf sich nicht wundern, daß das Schmerzgefühl der durch ungewohnte Arbeit gezerrten Muskelfaser sich in die Länge zieht, da man sich auch nicht wundert über die lange Dauer der Blasen auf der Oberhaut, die durch einen harten Körper gereizt ist, an dessen Handhabung die Hand nicht mehr gewöhnt war. Eine Reihe von kleinen traumatischen Verletzungen der Bewegungsorgane kann das Resultat einer anstrengenden Übung sein. Man kann sie am besten vergleichen mit den Schädigungen, die eine industrielle Maschine infolge einer übertriebenen Ausnutzung erleidet. So können bei der Maschine die Riemen langgezerrt, die Reibungsflächen ausgeschliffen werden, das Öl kann austrocknen.

Aber die allgemeinen Phänomene der nachfolgenden Müdigkeit lassen sich nicht mechanisch erklären. Sie gehören wesentlich zur Gattung der Lebenserscheinungen und haben keine Analogie in irgendeiner von Menschenhand gefertigten Maschine.

Das sog. Muskelfieber bietet das allgemeine Bild einer Infektionskrankheit von gutartiger Form. Ein Leiden, das ihm am nächsten kommt, ist das Wechselfieber, wenn man es auf einen einzigen Anfall beschränkt. Auch die leichten Sumpffieber bieten noch eine ausgesprochene Analogie mit dem Ermüdungsfieber. Ebenso verhält es sich mit den Ausschlagfiebern in ihrem Anfang und mit allen fieberhaften Zuständen, die sich durch Anwesenheit eines schädlichen Elements im Organismus kennzeichnen, gegen welches die Lebenskräfte reagieren. Könnte uns die Analogie der Symptome dahin führen, eine Ähnlichkeit der Ursachen anzunehmen und könnten wir nicht die Steifigkeit auf einen Infektionsprozeß oder auf ein giftiges Agens zurückführen? Wir wissen, daß die Verbrennungen der Muskelarbeit in den lebendigen Geweben Modifikationen hervorrufen, die deren Struktur eingreifend verändern und wir wissen auch, daß die Produkte, die aus diesen Verbrennungs- und Zersetzungsprozessen entstehen, ungeeignet für das Leben sind und vom Organismus schnell ausgeschieden werden müssen, bei Gefahr schwerer Erkrankungen und Vergiftungsunfällen. Das Studium des Außeratemkommens hat uns bewiesen, daß diese Form der Ermüdung eine Selbstvergiftung durch Kohlensäure, das Produkt der Zersetzung war. Sollte nun auch die nachfolgende Müdigkeit, die Steifigkeit genannt wird, zur Ursache eine vorübergehende Vergiftung des Organismus durch seine eigenen Produkte haben?

Sehen wir, welche Elemente die Physiologie der Muskelarbeit uns bietet, um die Frage zu beantworten.

Wir wissen, daß die lokale Ermüdung des Muskels und seine Abstumpfung, die aus übermäßiger Arbeit hervorgeht, aus einer chemischen Veränderung in der Struktur des Organs und der Entwicklung gewisser organischer Produkte von neuen Formationen herzuleiten ist. Die Zusammensetzung und Natur dieser Substanzen, die sich aus der Zersetzung der anatomischen Elemente bilden, sind noch nicht einwandfrei genau festgestellt, aber ihre physiologischen Wirkungen sind bekannt. Man weiß, daß diese *Abfälle* die Ursache der Reizlosigkeit des ermüdeten Muskels sind, und daß ihre Berührung mit den Bewegungs-

fasern diese verhindert, die Reize einer elektrischen Entladung oder die Befehle des Willens zu beantworten. Man weiß andererseits, daß diese Substanzen, mit denen der ermüdete Muskel durchtränkt ist, die eigentümliche Eigenschaft besitzen, ihren ermüdenden Einfluß auf die Muskelelemente eines fremden Organismus zu übertragen. In der Tat, wenn man in die Muskeln eines gesunden Frosches eine Abkochung von einem zerriebenen, vorher ermüdeten Muskel injiziert, so gelangt man dazu, diese Muskeln reizlos und unfähig zur Kontraktion zu machen.

Sollten sich nicht unter den Produkten der Muskelzersetzung Zusammensetzungen bilden, die fähig sind, ihre giftige Wirkung auf den Gesamtorganismus fühlbar zu machen und in diesem das allgemeine Unwohlsein und die fieberhaften Zustände der Steifigkeit hervorzurufen? Aber die Steifigkeit tritt als Folge einer Übung nur unter bestimmten Umständen auf: in dem Falle, wo das Subjekt an die Übung, die es verrichtet, nicht gewöhnt ist. Man müßte also Zersetzungsprodukte finden, deren Bildung keine konstante Folge der Arbeit ist, vielmehr auf den Mangel der Gewöhnung des Subjekts an die Arbeit auf seine mangelnde Trainierung zurückzuführen wäre. Nun liegt uns eine Reihe von Beobachtungen vor, die beweisen, daß gewisse organische Abfälle sich beständig infolge einer Übung bilden, wenn das Subjekt, das sich ihr widmet, nicht trainiert ist und daß diese Abfälle nicht auftreten, wenn das Subjekt sich an die Ausübung derselben gewöhnt hat. Wir haben häufig bestätigen können, daß es ein konstantes Zusammentreffen zwischen der Bildung dieser Abfälle und der Entstehung der Steifigkeit gab und wir haben uns für berechtigt gehalten, zwischen diesen beiden Tatsachen einen Kausalzusammenhang anzunehmen.

II

Nach unserer Ansicht hat man die Elemente, die geeignet sind, die allgemeinen Erscheinungen der Steifigkeit hervorzurufen, unter den Abfällen zu suchen, die infolge der Muskelarbeit im Urin ausgeschieden werden.

Welches ist nun gerade unter den chemischen Stoffen, die man

in der Urinflüssigkeit wiederfindet, derjenige, dem die Rolle zukommt, dieses Unwohlsein zu verschulden? Es ist uns unmöglich, ihn mit Bestimmtheit anzugeben, aber wir können behaupten, daß er einen Teil der Niederschläge des Harns bildet. Die Urinniederschläge sind jene allen Beobachtern bekannten Stoffe, die sich im Harn infolge einer anstrengenden Übung absetzen. Jedermann wird das trübe Aussehen haben bemerken können, welches der Urin einige Stunden nach seiner Ablassung annimmt, wenn man einen anstrengenden Marsch oder etwa den Tag der Eröffnung der Jagd hinter sich hat, wo man noch nicht an die Anstrengung gewöhnt war. Diese Bodensätze, die eine Sättigung des Harns mit wenig löslichen Substanzen verraten, bilden sich erst nach einer gewissen Anzahl von Stunden, wenn die Flüssigkeit Zeit gehabt, sich abzukühlen. Der Harn nimmt dann gewöhnlich eine mattgelbe Farbe an, die ihm ein eitriges Aussehen gibt; manchmal ist die Färbung auch rötlich und erinnert an die Farbe zerstoßenen Backsteins. Wenn man eine gewisse Quantität dieses trüben Urins in einem Probiergläschen erwärmt, sieht man ihn bald seine Klarheit wiedergewinnen infolge der Lösung des Niederschlags, der bei Wärme löslicher ist als bei Kälte. Läßt man die Flüssigkeit wieder kalt werden, so wird sie wieder trübe, wie sie es vor der Erhitzung war.

Diese sehr summarische Prüfung genügt, um festzustellen, daß die infolge von Muskelarbeit im Harn auftretenden Bodensätze zum größeren Teil von harnsauren Salzen herrühren. Wir werden sehen, daß nach einer methodischen chemischen Analyse diese Sedimemte aus alkalischen und ammoniakalischen Salzen bestehen. Wir geben ihnen deshalb mit Neubauer[1] den Namen harnsaure Niederschläge.

Die Schriftsteller sind soweit einverstanden, als sie anerkennen, daß das Aussehen des Harns durch die Muskelarbeit modifiziert werden kann, aber sie haben sich noch nicht über die Bedingungen verständigt, unter welchen sich diese Modifikation vollzieht.

Nach Béclar[2] *vermindert* die Muskelarbeit das Verhältnis der Harnsäure und der harnsauren Salze im Urin.

[1] Der Urin. [2] Béclar, Physiologie.

Nach Lécorché[1] vermehrt sich die Harnsäure und die Menge der harnsauren Salze infolge der Muskelübung. Neben diesen beiden diametral entgegengesetzten Ansichten können wir noch zwei andere anführen, die sich zu widersprechen scheinen.

Für Bouchard[2] lassen mäßige Übungen die Harnniederschläge, die gewöhnlich vorkommen, verschwinden und anstrengende Übungen solche auftreten, die gewöhnlich nicht darin enthalten waren.

Nach Guyon vermehrt eine schwache Übung die harnsauren Salze und die Harnsäure des Urins, und ein sehr tätiges Leben läßt sie verschwinden.

Sollten die angeführten Autoren dieselbe Meinung über die Frage haben, so muß man zugeben, daß sie sich sehr verschieden darüber ausdrücken, und daß es nach dem Gesamteindruck ihrer Schlußfolgerungen schwer ist, sich eine klare Vorstellung über die Wirkungen der Arbeit auf die Produktion der Harnniederschläge zu bilden.

Wenn man sich persönlich eine Meinung über diese Frage zu bilden versucht, und zwar mit Hülfe aufmerksamer Beobachtung, so bemerkt man bald, daß die Beobachtung durch mancherlei Gründe des Irrtums ungenau werden kann; denn es gibt noch viele andere Umstände, die Niederschläge im Urin hervorrufen. Man muß sich zunächst vergewissern, ob das Subjekt, daß sich zur Beobachtung bietet, nicht bereits für gewöhnlich Niederschläge im Harn hat; dies ist der Fall bei den meisten Menschen von sitzender Lebensweise. Man muß auch sicher sein, daß es sich nicht einer der zahlreichen Bedingungen ausgesetzt hat, die zufälligerweise das Erscheinen dieser Sedimente hervorrufen. Man weiß in der Tat, daß lange Nachtwachen, anstrengende Kopfarbeit und Exzesse in Tafelfreuden oft dieses Phänomen hervorrufen. Endlich muß man wissen, ob er nicht ein konstitutionelles oder vorübergehendes krankhaftes Leiden hat, welches die Durchsichtigkeit seines Harns trübt: z. B. Gicht und Fieber. Mit einem Worte, man muß orientiert sein über seine Gewohnheiten, sein Vorleben, seinen

[1] Lécorché, la Goutte. [2] Bouchard, le ralentissement de la nutrition.

augenblicklichen Gesundheitszustand, seine Lebensweise und sein Verhalten.

Unter diesen Bedingungen ist das beste Subjekt, welches der Beobachter für seine Studien auswählen kann, er selbst, und der Bedingung, daß er sich im Zustande vollkommener Gesundheit befindet. Daher sind die Beobachtungen, die wir berichten werden, an uns selber gemacht. Aber wir haben sie fürsorglich zur Kontrolle an mehreren Personen wiederholt, deren Lebensweise und Gesundheitszustand uns vollkommen bekannt war, und die sich mit uns verschiedenen körperlichen Übungen unterzogen.

Die Resultate dieser Beobachtungen lassen sich zusammenfassen wie folgt:

Wenn ein Mensch bei gutem Befinden, bei nüchterner Lebensweise tätig und regelmäßig sich einer körperlichen Übung widmet, so wechselt das Aussehen seines Urins häufig nach folgenden drei verschiedenen Umständen: 1. nach dem Augenblick, wo er untersucht wird, 2. nach der größeren und geringeren Stärke der Kraftaufwendung, und 3. nach dem mehr oder weniger vollkommenen Stand seiner Gewöhnung an die Arbeit.

Was den Augenblick betrifft, wo man die Untersuchung vornimmt, so ist es kaum nötig, einen ebenso wichtigen wie wohlbekannten Umstand in Erinnerung zu bringen: die Urine, welche ihre harnsauren Salze niederschlagen sollen, werden erst trübe nach ihrer Abkühlung und sind immer klar im Augenblick ihres Ablassens. Abgesehen von diesem wohlbekannten Umstand glauben wir zum ersten Male einen anderen hervorheben zu sollen: nämlich die Muskeltätigkeit übt ihren Einfluß auf die Urinflüssigkeit zur Erzeugung der Sedimente erst *nach einer bestimmten Anzahl von Stunden*. Es ist von Wichtigkeit, diese Tatsache zu betonen. Angenommen, man widmet sich einer Muskelübung unter den gewollten Bedingungen, um die Trübung des Harns herbeizuführen, von der wir handeln. Angenommen, man denkt auch daran, die Blase unmittelbar vor der Übung zu entleeren, so daß auch nicht ein Tropfen des vor der Arbeit erzeugten Urins darin zurückbleibt. Wenn man nun ficht oder rudert, so wird sich der Urinbehälter mit der während der Arbeit ausgeschiedenen Flüssigkeit anfüllen lassen.

Sammelt man dann nach und nach in besonderen Gefäßen den Urin, den man in verschiedenen Zeiträumen, beispielsweise aller Stunden, gelassen hat, so wird man eine Reihe von Urinproben erhalten, die sich seit Beginn der Übung, sei es während der Dauer der Arbeit, sei es nachher, gebildet hat.

Wenn man dann diese verschiedenen Proben in chronologischer Reihe ordnet und sie bis zum folgenden Morgen aufbewahrt, wird man folgendes bemerken:

Der Urin, den man gleich nach der Übung gelassen hat, zeigt keine Trübung, ebensowenig derjenige, den man eine oder zwei Stunden nachher gelassen hat. Nur das Gefäß, welches den Urin der dritten Stunde nach dem Aufhören der Arbeit enthält, zeigt in mehr als gewöhnlicher Weise die erste Trübung, die aus harnsäurehaltigen Niederschlägen entsteht. Dies ist ein Faktum, das sich bei oder an sechs oder sieben Personen von verschiedenem Alter und Temperament, die aber sämtlich bei guter Gesundheit waren und für gewöhnlich klaren Urin hatten, niemals verleugnet hat: die aus der Muskelarbeit entspringenden Sedimente sind im Durchschnitt nicht eher ausgeschieden worden, als drei Stunden nach Aufhören der Übung. Umgekehrt hat sich der Urin bei einzelnen Personen während eines viel längeren Zeitraumes klar gehalten; wir haben solche beobachtet, bei denen sich Niederschläge in dem Urin erst sechs oder sieben Stunden nach der Übung gezeigt haben.

Auf die Gefahr hin, uns zu wiederholen, glauben wir hervorheben zu müssen, daß dieser Zeitraum von drei oder vier Stunden sich nicht auf die Zeit bezieht, die zwischen dem Ablassen des Urins und der Bildung des Satzes verfließt, sondern auf die Zeit zwischen der Beendigung der Übung und dem Augenblick, wo der Urin gelassen wird. — Übrigens ist der Urin, der sich setzen soll, wenn er abgelassen wird, immer vollkommen klar und trübt sich erst mehr oder weniger schnell, je nach der Temperatur des ihn umgebenden Milieus.

Wir haben somit ein erstes Faktum: *die Harnniederschläge, die man bei einem Menschen infolge der Arbeit beobachtet, dürfen nur in dem Urin gesucht werden, der wenigstens drei Stunden nach der Übung abgelassen wird.*

Eine Eigentümlichkeit kann für den Beobachter eine Ursache des Irrtums werden. Wenn man den Urin sammelt, der eine Stunde nach der Arbeit abgelassen wird, so wird man darin niemals harnsaure Niederschläge finden, und man wird daraus folgern, daß die Übung solche nicht erzeugt habe, obgleich sich sehr reichhaltige Niederschläge in dem Urin der dritten oder vierten Stunde zeigen werden, auf die sich die Prüfung nicht erstreckt haben wird.

Aber aus dem oben bezeichneten Faktum ergibt sich wohl eine andere Folgerung: dieses Faktum beweist, daß die organischen Substanzen, welche diese Niederschläge bilden müssen, sich spät ausscheiden und im Haushalt noch eine ziemliche Zeitlang verweilen, bevor sie das Filter der Niere passieren. Nun weiß man, daß die Niere die in dem Urin vorgefundenen Substanzen nicht verarbeitet, sondern sie so ausscheidet, wie sie ihr durch das Blut zugeführt werden. Die ausgeschiedenen Stoffe, welche die Abfälle der Muskelarbeit sind, finden sich also im Organismus schon fertig vor, bevor sie durch das Ausscheidungsorgan hindurchgehen. Sie können also ihren schädlichen Einfluß während geraumer Zeit ausüben, da sie mehrere Stunden im Haushalt verweilen.

Man muß noch hinzufügen, daß diese Produktion uratischer Sedimente, die drei Stunden nach der Arbeit beginnt, manchmal sich bis auf 24 Stunden hin ausdehnt, d. h. ebenso lange, wie das Unwohlsein des Ermüdungszustandes dauert.

Nachdem man somit den Augenblick festgestellt hat, wo der Niederschlag sich beobachten läßt, ist es leicht, den Einfluß zu studieren, den zunächst die Bedingungen, unter welchen die Arbeit sich vollzieht und danach der physiologische Zustand, in dem das Subjekt sich befindet, auf seine Produktion ausüben.

Wenn die Arbeit wenig intensiv ist und nicht lange dauert, so bleibt der Niederschlag aus. Dagegen ist er sehr reichlich, wenn die Übung sehr angestrengt und von langer Dauer war. Bleibt das Subjekt, an dem man seine Beobachtungen macht, dasselbe, so sind die Harnniederschläge um so reichlicher und zeigen sich noch in einer um so späteren Periode, je intensiver und anhaltender die Muskelarbeit war. — Je nach der größeren oder

stärkeren Kraftaufwendung kann der Niederschlag variieren von einer kaum wahrnehmbaren Trübung, die sich nur einmal in dem Urin einer einzigen Entleerung zeigt ,bis zu dem stärksten Niedersatz, der die ganze während 24 Stunden ausgeschiedene Flüssigkeit trübe und schmutzig erscheinen läßt.

Aber der Zustand des Subjekts hat vielmehr Einfluß als die Heftigkeit der Übung, um die infolge der Arbeit auftretenden Sedimente in ihrer Quantität zu vermehren oder zu vermindern. Je mehr man sich dem Zustand des Trainiertseins nähert, um so weniger reichlich werden die Niederschläge des Urins für dieselbe Arbeitsmenge. In dem Maße, wie man durch die Übung mehr Widerstand gegen die Ermüdung erlangt, verliert der Urin die Tendenz, einen Satz zu bilden.

Nichts ist interessanter, als Schritt für Schritt diesem umgekehrten Fortschritt der beiden Phänomene zu folgen: Widerstandskraft gegen Ermüdung und Ablassen von salzhaltigem Urin. Wenn dasselbe Individuum sich jeden Tag derselben Übung unterzieht, welche dieselbe Kraftausgabe fordert, z. B. es unternimmt innerhalb einer Stunde täglich dieselbe Distanz zu rudern, so kommt es vor, daß seine Übung, nachdem sie ihm in den ersten Tagen große Steifigkeit verursacht hatte, nach Verlauf einer Woche nur noch ein unbedeutendes Unbehagen veranlaßt. Zugleich zeigt sich dann, daß sein Harn, nachdem er am Anfang sehr reichlichen Niederschlag geliefert hatte, in der letzten Zeit nur noch eine unmerkliche Trübung zeigt. Es gibt also ein enges Band, ein konstantes Zusammentreffen zwischen der Bildung von Urinsedimenten und der Erzeugung der Steifigkeit.

Diese bemerkenswerte Beziehung findet sich in allen Umständen wieder, welche die Wirkung der Arbeit verschieden gestalten können. Wenn man von einer Übung, auf welche der Körper eingeübt ist, zu einer anderen Übung übergeht, welche die Tätigkeit einer verschiedenen Muskelgruppe fordert, so empfindet man von keinem das Unbehagen der Steifigkeit und der Urin beginnt von neuem Bodensatz zu zeigen. — So fühlt ein Mensch, der an starke Märsche gewöhnt ist, keinerlei nachfolgende Müdigkeit am Tage nach einer langen Fußtour. Er wird jedoch ein Steifigkeitsgefühl bemerken, wenn er es versucht,

ohne daran gewöhnt zu sein, einen kurzen Fechtergang zu wagen. Wenn man seinen Urin untersucht, wird man konstatieren, daß diese Flüssigkeit, die ihre volle Klarheit nach einem zwölfstündigen Marsch behielt, schon nach einem Fechtgang von 20 Minuten stark getrübt ist. So wird es immer sein, wenn man eine neue Arbeit unternimmt, bei welcher noch ungeübte Muskeln ins Spiel gesetzt werden.

Die enge Verknüpfung, die zwischen der Ermüdungssteifigkeit und der Bildung von Ausscheidungsstoffen, welche die Klarheit des Urins trüben, besteht, kann selbst unter zufälligen Umständen, welche die Widerstandskraft des Subjekts schwächen und dasselbe momentan für Ermüdung empfänglicher machen, konstatiert werden. Unter dem Einfluß einer leichten „Indisposition", einer unbedeutenden Gesundheitsstörung, geschieht es, wie alle Liebhaber des Sports wissen, oft, daß die Fähigkeit zur Arbeit momentan vermindert wird. An solchen Tagen ist selbst ein Turnlehrer nicht im Besitz seiner gewöhnlichen Kraft, und die Übung veranlaßt ihm die Empfindung eines seit langer Zeit vergessenen Unbehagens. Der an Arbeit gewöhnte Mensch bietet dann dieselben Ermüdungsphänomene wie der Anfänger, und auch sein Harn, der sich seit langer Zeit infolge der Übung nicht mehr trübte, beginnt wieder Bodensatz zu zeigen.

Wir haben diese Tatsachen manches Mal bei uns selbst und bei anderen Personen beobachten können, wie die folgende Beobachtung beweist.

Einer unserer Freunde, ein unermüdlicher, aufs äußerste trainierter Ruderer, bot sich für unser Studium über die Modifikation des Harns durch Arbeit zur Mitwirkung an; aber er war dermaßen in Muskeltätigkeit abgehärtet, daß sein Urin niemals auch nur den geringsten Satz bot; die Ermüdung hatte sich seiner niemals bemächtigt. Eines Morgens ruderten wir mit ihm in demselben Kanoe und wurden überrascht, ihn nicht bei seiner gewohnten Frische anzutreffen; es bedurfte seiner ganzen Willensenergie, das Ruder bis zum Ende der gewöhnlichen Distanz zu handhaben. Zwei schlaflose Nächte hatten diese momentane Schwäche verursacht; nun ließ an diesem Tage ihn die Übung den ganzen Tag über ein Gefühl des Unbehagens und der Steifig-

keit zurück und sein Harn, der solange nach der Arbeit beständig klar geblieben war, zeigte jetzt reichliche Absätze von harnsauren Salzen.

Immer wenn der Organismus sich in einem Zustande der geringeren Widerstandskraft befindet, ist Neigung zur Produktion uratischer Sedimente und Neigung zum Auftreten von Steifigkeitsanzeichen vorhanden.

Es kann vorkommen, daß der Mangel an Widerstandskraft vorübergehend durch einen seelischen Grund, eine starke Zerstreutheit, eine niedergeschlagene Stimmung, verursacht wird. Wir haben feststellen können, daß in diesem Zustande der körperlichen und geistigen Niedergeschlagenheit ein gegen die Arbeit sehr abgehärteter Mensch momentan seine Immunität gegen die Ermüdung verlieren kann und infolge einer Muskelübung Steifigkeitsanzeichen aufweisen kann; aber mit demselben Tage verlieren seine Urinabsonderungen ihre gewöhnliche Klarheit infolge der Arbeit und enthalten Sedimente. Wir haben diese Tatsache bei einem in allen Körperübungen geschickten Menschen beobachtet, der überdies vollständig im Zustande der Trainierung war und regelmäßig den Fechtboden besuchte. Er pflegte täglich zu fechten, ohne jemals Erscheinungen von Steifigkeit oder Niederschläge im Urin aufzuweisen. Eines Tages, nach einer sehr kurzen Fechtstunde, die aber unter dem Vorgefühl eines für den folgenden Tag bevorstehenden ernsten Duells genommen war, empfand er ein sehr ausgesprochenes Steifigkeitsunbehagen, und wir konstatierten in seinem Urin die Anwesenheit reichlichen Niederschlags.

Dies sind die Beobachtungstatsachen, die einen beständigen Zusammenhang zwischen harnsauren Niederschlägen und Ermüdungssteifigkeit anzeigen. Alle Umstände, welche den Menschen für Ermüdung empfänglicher machen, haben das Privilegium, gleichzeitig eine Disposition des Urins zur Überfüllung mit Niederschlägen zu erzeugen.

Zwischen den beiden Erscheinungen, dem Ablassen trüben Harns und dem nachfolgenden Unwohlsein infolge einer Übung, besteht eine so beständige Beziehung, daß es unmöglich ist, einen Kausalzusammenhang zu verkennen.

VI. DIE STEIFIGKEIT (FORTSETZUNG)

Einwurf gegen unsere Theorie · Werden die harnsauren Niederschläge durch die infolge der Übung eintretende Transpiration erzeugt? Die Beobachtungstatsachen widerlegen die Ansicht der Autoren über diesen Gegenstand · Ein Ermüdungsversuch · Ruderübung von Limoges bis Paimboeuf · Übereinstimmung der Tatsachen mit der chemischen Analyse · Die Übung ruft einen Zustand von Uricämie hervor · Analogie der Ermüdungssteifigkeit mit gewissen Fieberzuständen · Die Ermüdungssteifigkeit und der Gichtanfall · Grund der Immunität gegen Steifigkeit im Zustande der Trainiertheit · Rolle der Reservegewebe · Die Produkte der Zersetzung · Rolle der Harnsäure bei der Steifigkeit · Die Steifigkeit ist eine Selbstvergiftung

Gegen den Schluß, den wir soeben formuliert haben, bietet sich ein erster Einwand dar. Einige Schriftsteller betrachten einen Urin, der infolge von Muskelarbeit Niederschläge zeigt, nicht als eine Flüssigkeit, die mehr Abgangsstoffe als im normalen Zustande enthält, sondern nur als eine mehr konzentrierte Flüssigkeit, d. h. als eine solche, die bei derselben Quantität von Lösungsstoffen lediglich weniger Wasser enthält. Die Urinniederschläge bei einem Harn, der infolge von Arbeit absetzt, würden danach nicht reichlicher sein, sondern das Wasser, in dem sie sich lösen, hätte sich vermindert. Daher eine größere Sättigung der Flüssigkeit und größere Tendenz zum Niederschlag[1]. Wenn die Theorie dieser Schriftsteller richtig wäre, so würden die Urinniederschläge keine Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Flüssigkeit bedeuten; sie würden nur beweisen, daß sich ein Teil des gewöhnlich durch die Nieren ausgeschiedenen Wassers auf anderen Wegen entfernt hätte, und zwar hauptsächlich durch die Haut. Das übermäßige Schwitzen wäre die wahrhafte Ursache der Bildung dieser Bodensätze.

Dieser Theorie können zwei wichtigere Gründe entgegengesetzt werden, zuförderst geschieht es oft, daß der Urin an Tagen,

[1] Dictionnaire de médecine et de chirurgie pratique, art. „Urine".

wo er Niederschläge zeigt, ebenso reichlich ist, als an Tagen, wo er sie nicht zeigt. Wir haben dies durch 50 Versuche an verschiedenen Personen feststellen können. Im Verlaufe dieser Beobachtungen ist es oft vorgekommen, daß, während die Transpiration sehr mäßig gewesen war und der Urin reichlicher als gewöhnlich abgelassen war, sich Niederschläge gebildet hatten, weil das Subjekt an die Arbeit nicht gewöhnt war. — Umgekehrt haben wir konstatieren können, daß bei vollkommen trainierten Leuten sich häufig im Verlauf der Arbeit reichlicher Schweiß erzeugt, ohne daß gleichwohl der Urin sich trübt.

Eine lange Ermüdungsprobe, der ich mich selbst und ein Freund unterzog, hat es mir ermöglicht, neun aufeinander folgende Tage das Resultat der gemachten Studien zu kontrollieren und dies wird ihr gewiß eine große Beweiskraft verleihen.

Wir sind im Anfang August 1886 mit einem Kanoe, in der Absicht, in möglichst kurzer Zeit die Entfernung zwischen Limoges und Paimboeuf zurückzulegen, abgefahren. Wir haben so in neun Tagen eine Entfernung von 550 km zurückgelegt, indem wir beständig mit zwei Rudern jeder arbeiteten, à deux de couple, wie der technische Ausdruck heißt, und waren genötigt, eine starke Mehrleistung an Arbeit zu liefern, indem wir unser schweres Boot über die errichteten Wehre, die fast trocken waren und in Zahl von 83 den Lauf der Vienne durchschnitten, zu bringen.

Diese enorme Ausgabe an Muskelkraft hat uns niemals steif gemacht, weil wir beide durch eine zweimonatliche Trainierung abgehärtet waren. Nach 12 Tagen und 14 Stunden Arbeit, bei großer Hitze in den wärmsten Tagen des Jahres, haben wir die verschiedensten Beschwerden empfunden, aber niemals Steifigkeit; niemals ist es uns vorgekommen, daß wir uns am Morgen weniger aufgelegt fühlten als am Abend zuvor, und doch wurde die Anstrengung während der Arbeit bis zu den letzten Grenzen getrieben, und wenn wir die Ruderbänke verließen, waren wir immer am Ende unserer Kraft. Die Übung wurde bis zur Überanstrengung getrieben, da wir ungeachtet sehr substantieller Nahrung, die reichlich mit Wein und vor allem mit Kaffee befeuchtet wurde, jeder in neun Tagen um zehn Pfund abnahm.

Dennoch hat uns niemals Steifigkeit befallen, aber auch unser Urin, den wir jeden Tag beobachteten, hat niemals das geringste harnsaure Sediment gezeigt.

Wenn dennoch solche Sedimente das Ergebnis übermäßigen Schwitzens wäre, so hätten sich niemals eine günstigere Gelegenheit zu deren Bildung zeigen können, als am zweiten Tage unserer Reise, von der wir folgenden getreuen Bericht geben.

Am 10. August, nachdem wir 50 km unter einer brennenden Sonne, die unseren Nacken, das Gesicht und die Hände mit Hitzblätterchen bedeckt hatte und unsere dicken Wolltrikots mit Schweiß durchtränkt hatte, durchrudert hatten, kehrten wir in dem kleinen Flecken Availles bei einem Gastwirt ein, der zugleich Bäcker war. Unsere Betten bestanden aus einer einzigen, aber enormen Federdecke, in welcher wir uns bis zum Kinn einhüllten, während einer Nacht von wahrer Hundstaghitze. Endlich hatte unser Wirt, als wenn er uns alle für ein physiologisches Experiment notwendigen Elemente hätte liefern wollen, uns ein Zimmer angewiesen, das direkt über dem Gewölbe seines Backofens lag, den er während unseres Schlafes heizte.

Es ist unmöglich, sich eine bessere Zusammenstellung von schweißtreibenden Bedingungen zu erdenken: Anstrengende Arbeit während zehn Stunden in der Sonnenglut des August, die Nacht in einem Federbette in einem Zimmer, das geheizt war wie ein Schwitzbad. An diesem Tage zwang uns überdies eine Boothavarie, die wir zu reparieren hatten, einen halben Tag in dem Dorfe zu bleiben, und wir hatten somit alle Muße, den während mehrerer Stunden abgelassenen Harn zu beobachten. Aber trotz des reichlichen Schweißes, der am Tage unsere Kleidung durchfeuchtet und in der Nacht unser Lager durchnäßt hatte, bildete sich kein Bodensatz, weder bei meinem Freunde noch bei mir.

Somit genügt es nicht, während und nach der Arbeit viel zu schwitzen, um Niederschläge im Urin zu erhalten. Die übermäßige Transpiration kann bei trainierten Subjekten, ebenso wie bei anderen, eine Minderung der Urinmasse bewirken, bedingt aber keineswegs notwendig die Erscheinung von harnsauren Sedimenten.

Endlich ein letzter Beweis, zweifellos der schlüssigste, der die wirkliche Vermehrung der Harnsäure und der harnsauren Salze in dem Urin, in welchem sich Niederschläge nach einer Übung zeigen, beweist, liegt in der chemischen Analyse.

Folgendes ist das Ergebnis der Untersuchung einer Urinprobe, die nach einer sehr langen Fechtübung von einem Subjekt entnommen war, das sich zwei Monate lang jeglicher Muskelarbeit enthalten hatte[1]. Auf 1 L. Urinflüssigkeit betrug die Quantität der ausgefällten Harnsäure 1,43 g.

Bei demselben Subjekt betrug die Harnsäure, nachdem es dieselbe Arbeit verrichtet hatte, jedoch nach zuvorgängiger Trainierung und indem der Urin keinerlei Bodensatz lieferte, auf 1 L. Flüssigkeit 0,60 g, eine vom Normalen nicht abweichende Ziffer.

Man sieht also, daß der nicht trainierte Mensch, bei derselben Muskelarbeit ein wenig mehr als das Doppelte der normalen Dosis Harnsäure ausscheidet, während bei dem trainierten sich dieses Produkt nicht vermehrt.

Die Beweise, die wir zum Studium der Veränderungen des Urins durch Muskelarbeit beigebracht haben, sind offenbar sehr unvollständig; denn sie beziehen sich nur auf ein einziges Faktum: die Produktion von harnsauren Elementen. Aber dieses Faktum ist an und für sich interessant und vor allem hatte bis zum heutigen Tage noch niemand seine so enge Verknüpfung mit dem allgemeinen Übelbefinden der Steifigkeit hervorgehoben.

Wir können nach den vorausgehenden Erörterungen eine Tatsache feststellen: diejenige, daß das Verhältnis der ausgeschiedenen Harnsäure stark vermehrt wird, wenn der Urin infolge von Arbeit trübe wird. Nun aber bezweckt der Urin die Befreiung des Organismus von Produkten, die sich bereits im Blut gebildet hatten. Der Überschuß an Harnsäure, den wir in der Urinflüssigkeit infolge einer Muskelübung konstatieren können, hat also in der Blutflüssigkeit existiert, bevor er nach außen abgesondert wurde. Wir wissen ferner, daß die Ausscheidung der harnsauren Stoffe erst drei Stunden nach der Übung beginnt und sich oft lange Zeit, 24 bis selbst 36 Stunden lang, ausdehnt.

[1] Die Analyse wurde von dem erfahrenen Chemiker Herrn Papon gemacht, dem wir hier noch bestens für gütige Unterstützung danken.

Während dieses ganzen Zeitraumes also ist der Organismus dem Einfluß überschüssiger Harnsäure ausgesetzt.

Eine anstrengende Übung läßt also bei nicht trainierten Menschen eine harnsaure Belastung des Bluts zurück, eine wahrhafte Uricämie, ähnlich derjenigen, die man z. B. bei Gichtkranken bemerkt, wenn sie kurz vor dem Anfall der Gichtschmerzen stehen.

II

Ist es der Überschuß an Harnsäure, dem man das infolge einer anstrengenden Übung empfundene Unbehagen zuzuschreiben hat?

Offenbar befinden sich unter den Niederschlägen des Harns noch manche andere Produkte, die ihren Einfluß auf den Organismus während ihres Aufenthalts im Blut vor ihrer Beseitigung aus dem Haushalt des Lebens ausüben können. Es ist sicher, daß die Extraktivstoffe, wie z. B. Kreatin, das Xanthin und andere Produkte unvollständiger Verbrennung eine wichtige Rolle bei der Erzeugung des fieberhaften Unwohlseins infolge von Übermüdung spielen. Aber diese Substanzen sind in ihrer physiologischen Wirksamkeit noch so wenig bekannt, daß man von ihrem wahrscheinlichen Einfluß nur mit größter Vorsicht sprechen darf.

Umgekehrt haben wir oft die Gelegenheit, Umstände zu beobachten, unter denen der Urin harnsaure Salze in Überfluß aufweist und dabei zu konstatieren, daß die in diesem Falle vom Organismus empfundenen Störungen, manchmal denjenigen, die eine nachträgliche Muskelmüdigkeit hervorruft, ähnlich sind.

Der Anfall eines Wechselfiebers und das rheumatische Fieber ohne lokale Beschränkung sind die beiden Affektionen, die dem Muskelfieber am meisten ähnlich sind, nun aber sind diese beiden Affektionen wie die Steifigkeit, von einer übermäßigen Absonderung harnsaurer Salze begleitet.

Wenn ein daran nicht gewöhntes Subjekt eine kalte Dusche nimmt, so wird es in der Regel von einem nachfolgenden Unwohlsein betroffen, das sich durch ein allgemeines Gefühl der

Zerschlagenheit in den Gliedern und durch eine leichte Fieberhaftigkeit kennzeichnet; wir haben uns bei der Beobachtung des Urins in solchen Fällen vergewissern können, daß im Verlauf dieser denen der Steifigkeit ganz gleichartigen Symptome der Harn ebenfalls harnsaure Niederschläge in Überfluß aufzeigt.

Man könnte einwenden, daß es bei den angeführten Beispielen eine fieberhafte Erregung gibt und daß man die Erregung von harnsauren Salzen bei der Ermüdungsflüssigkeit ebensowohl dem Fieber zuzuschreiben hätte, wie bei einem Anfall von Wechsel- und Erkältungsfieber. Aber das Fieber tritt infolge einer anstrengenden Übung nur ausnahmsweise ein und überdies kann man Harnniederschläge reichlich auch unter Umständen konstatieren, unter denen die Muskelarbeit den Puls und die Temperatur in ihrem Normalzustande gelassen hat. Nach unserer Ansicht sind die harnsauren Salze und die anderen Abfälle von Verbrennungen, die sie begleiten, die Ursachen und nicht die Wirkungen des Fiebers. Der Fieberzustand bei der Steifigkeit ist das Resultat einer Anstrengung des Organismus, um diese Abgänge auszuscheiden, wenn sie sich in zu großer Quantität aufgehäuft haben.

Es ist unmöglich, eine gewisse Analogie zwischen dem Fieberprozeß der Steifigkeit und demjenigen eines Gichtanfalls zu verkennen. In beiden Fällen gibt es Uricämie, d. h. Überfüllung des Bluts durch harnsaure Salze. Nur staut sich bei einem Gichtanfall das Blut in den Gelenken und setzt hier den Überschuß von harnsauren Salzen ab, den es enthält, während bei Ermüdungssteifigkeit die Abfuhr auf die Niere stattfindet und die schädlichen Stoffe durch den Urin ausscheiden.

Diese Analogie in den Ursachen wird durch die Beobachtung der Tatsachen bestätigt. — Wenn bei zur Gicht veranlagten Personen eine anstrengende Übung ohne vorgängige Trainierung vorgenommen wird, so wird sie häufig die auslösende Ursache eines Anfalls. Dies kommt daher, daß der Gichtanfall verschuldet wird von einer Anhäufung harnsaurer Zusammensetzungen im Blut, einem Zustande von Uricämie. Die zu anstrengende Muskeltätigkeit versetzt den Organismus momentan in alle Bedingungen, welche der Ausbruch der Zufälle einer

Harndiathese erfordert. Wir haben oft beobachten können, daß die anstrengendste Körperübung für einen Gichtbehafteten ohne Gefahr ist, wenn dieser im Zustande vollkommener Trainiertheit sich befindet. — Einer unserer nächsten Freunde, sehr tätiger Leiter unseres Fechtvereins, ist seit langer Zeit gichtisch. Die längsten Fechtergänge haben bei ihm niemals auch nur die leiseste Gichtanwandlung hervorgerufen, solange er sich im Zustande der Trainierung erhält: er hat jedoch manchmal sehr ausgesprochene Gelenkschmerzen, wenn er, nachdem er lange Zeit den Fechtsaal gemieden hat, plötzlich wieder zurückkehrt, um die Waffen zu führen.

Wenn der Zustand der Trainiertheit einen Gichtkranken vor den Gefahren sichert, welche die Anstrengung gewöhnlich für ihn darbietet, so kommt es daher, daß bei einem wohltrainierten Menschen die Arbeit weder harnsaure Niederschläge noch auch den vorübergehenden Zustand der Uricämie hervorruft, der ihren Entstehungsgrund bildet.

Aber es bleibt eine letzte Frage zu lösen, um die Entstehung der Steifigkeit auf eine befriedigende Weise zu lösen. Warum bilden sich die stickstoffhaltigen Abfälle, welche die harnsauren Niederschläge derselben nicht bei gleicher Arbeit ebensowohl bei einem trainierten Menschen wie bei einem Menschen, der sich der Übung zum erstenmal unterzieht?

Es kann nur eine Antwort auf diese Frage geben: nämlich diese, daß bei einem Menschen, dessen Muskeln nicht an die Tätigkeit gewöhnt sind, Stoffe vorhanden sind, welche diese Produkte einer unvollkommenen Verbrennung bedingen, während sie bei einem trainierten Menschen durch die Muskelarbeit verbraucht werden und aus den Geweben verschwunden sind. Die jeden Tag gewohnheitsmäßig ausgeübte Muskeltätigkeit, läßt nach und nach die Reservegewebe, die sich in den Muskeln aufgehäuft hatten, verschwinden. Die Arbeit hat die durch die Untätigkeit aufgehäuften Stoffe verbrannt und aufgebraucht.

Die Reservegewebe sind dazu bestimmt, nur zeitweilig im Lebenshaushalt zu verweilen: es sind Vorräte, bestimmt, lediglich die Kosten der Verbrennung zu bestreiten, nicht aber in das innere Dauergewebe des Körpers aufgenommen zu werden

und einen integrierenden Teil des letzteren zu bilden. Auch werden diese Gewebe leichter als die anderen von der Bewegung des Stoffwechsels erfaßt. Sie leisten den Arbeitsverbrennungen weniger Widerstand; sie brennen leichter und lösen sich von den Organen ab, bevor sie den letzten Grad der Oxydation erleiden und bleiben so im Zustande einer unvollkommenen Verbrennung. Nach einem Ausdruck Bouchards[1] sind sie *wahrhafte organische Asche.* Aber die Stoffe, welche geeignet sind, solche Abfälle zu liefern, bilden im Organismus nur einen beschränkten Vorrat, der sich um so schneller verausgabt, je intensiver die Muskelarbeit ist. Auch hat die anstrengende Übung, die aus unzulänglicher Übung resultierenden Reserven bald aufgebraucht und mit den Reservegeweben verschwinden auch die Abfälle, die aus einer zu leichten Zersetzung dieser überreichlichen Vorräte hervorgehen. Der trainierte Mensch liefert keine harnsauren Abgänge mehr, weil er die Vorräte erschöpft hat, die ihren Entstehungsgrund bilden, weil er seine *Reserven verbrannt hat.*

Je mehr man in die Einzelheit der Tatsachen eindringt, um so mehr bestätigt sich diese Meinung.

Alle Liebhaber der Gymnastik wissen, daß, wenn man eine lange Zeit vernachlässigte Körperübung wieder aufnimmt, es unmöglich ist, dem Muskelfieber zu entgehen; aber alle, die Gelegenheit gehabt haben, diese kleine Prüfung zu bestehen, wissen auch, daß es zwei Arten gibt, ihr den Tribut zu erstatten. — Die einen leisten jeden Tag eine kleine Menge Arbeit, welche sie gradweise vermehren und gelangen so nach Ablauf einer langen Zeit dazu, die gewöhnliche Dosis der Übung wieder nehmen zu können. Diese merken nach der Übung nur ein sehr geringes Unwohlsein und ihr Urin liefert nur einen unmerklichen Niederschlag. Sie gelangen dazu, die anstrengendste Gymnastik mit der Zeit wieder aufzunehmen, ohne daß sie durch eine vollständige Steifigkeit hindurchgehen. Dies kommt daher, daß sie jedesmal nur eine sehr geringe Quantität von Verbrennungsabfällen liefern. Diese Abfälle reichten nicht hin, um ein schweres Unwohlsein im Organismus hervorzurufen und waren nicht reichlich genug, um den Urin stark zu trüben. — Andere ziehen

[1] Bouchard, loc. cit.

es vor, sich schneller frei zu machen und leisten mit dem ersten Anlauf alle ihnen mögliche Arbeit, indem sie ihre Muskeln ohne jegliche Schonung anstrengen. Hieraus entsteht am folgenden Tage eine schmerzhafte Steifigkeit und mit harnsauren Salzen überfüllter Urin. Aber gewöhnlich haben sie dann beim dritten Male ihre ganze Arbeitsfähigkeit wiedergewonnen und sind dann außerhalb des Bereichs der nachfolgenden Übung. Auch können von diesem Moment an ihre Harnabsonderungen keine Bodensätze mehr bilden und behalten nach der Übung eine vollkommene Klarheit.

Diese beiden verschiedenen Methoden gelangen im übrigen zu demselben Resultat: zur Erschöpfung der Reservegewebe.

Wenn wir so klar als möglich die Folgerungen hinstellen wollen, die sich aus den von uns beobachteten Tatsachen ergeben und die wir hier als Beitrag zum Studium der nachfolgenden Müdigkeit mitgeteilt haben, so glauben wir zwei Behauptungen formulieren zu können, von denen die eine ein sicheres Faktum, die andere eine sehr wahrscheinliche Hypothese darstellt. 1. Als ein sicheres Faktum können wir die Vermehrung der Produkte unvollständiger Verbrennung hinstellen, welche die Urinniederschläge bilden in allen Fällen, wo der Muskelarbeit allgemeine Unwohlserscheinungen einer sei es fieberhaften oder nicht fieberhaften Steifigkeit nachfolgen. 2. Als wahrscheinliche Hypothese stellen wir einen Kausalzusammenhang zwischen den durch eine beständige Gleichzeitigkeit eng verknüpften beiden Phänomenen hin: der Erzeugung von stickstoffhaltigen Abfällen, welche die harnsauren Sedimente bilden und der Erscheinung des allgemeinen Unwohlseins der nachfolgenden Ermüdung. Diese Hypothese dürfte sich auf ausreichende Deduktionen stützen, um uns zu erlauben, die Ermüdungssteifigkeit für eine Art von Selbstvergiftung des Organismus durch die Produkte der Zersetzung zu erklären.

Wir hätten somit eine gewisse Analogie zwischen dem Prozeß der Steifigkeit und demjenigen des Außeratemkommens. Beide Formen der Ermüdung würden auf eine Überfüllung des Bluts mit gewissen Produkten des Stoffwechsels zurückzuführen sein.

Was man Außeratemkommen nennt, ist die Wirkung einer Sättigung des Bluts mit einem Stoffwechselprodukt, das durch die Lunge abgesondert wird. Das allgemeine Übelbefinden, welches man Ermüdungssteifigkeit nennt, wird durch die Anwesenheit gewisser Stoffwechselprodukte verursacht, die durch die Nieren abgesondert werden.

Man kennt sehr gut das Produkt, welches die Atembeschwerden veranlaßt: es ist die Kohlensäure.

Viel schwieriger ist es bei dem gegenwärtigen Standpunkt der Wissenschaft, dasjenige Produkt oder diejenigen Stoffe zu bestimmen, welche die wahre Ursache der Steifigkeit bilden. Man kann behaupten, daß diese Produkte zur Zahl derjenigen Substanzen gehören, welche die Harnniederschläge zusammensetzen, und daß unter diesen die Harnsäure und die harnsauren Salze eine wichtige Rolle bei den Erscheinungen der nachfolgenden allgemeinen Ermüdung spielen.

VII. DIE ÜBERANSTRENGUNG

Überanstrengung ein Übermaß der Ermüdung · Die verschiedenen Arten der Überanstrengung · Überakute Form, Tod infolge von Atemnot · Akute Form · Eine Hetzjagd; das Halali beim Rehbock; das abgehetzte Wild; beschleunigter Eintritt der Leichenstarre; schnellerer Eintritt der Verwesung · Mechanismus des Todes infolge von akuter Überanstrengung · Selbstvergiftung durch Stoffwechselprodukte · Die Extraktivstoffe; die Milchsäure · Entdeckungen Gautiers; die Gifte des lebendigen Organismus; die Leucomaïne · Seltenheit akuter Überanstrengung beim Menschen · Der Krieger von Marathon · Beobachtungen beschleunigter Leichenstarre bei Menschen, die im Zustande der Überanstrengung sterben · Seltsame Stellungen von Kadavern; der schreckliche Gesichtsausdruck bei ermordeten Personen · Wirkungen der Überanstrengung auf das Fleisch der Tiere · Schädlichkeit des Fleisches von überangestrengten Tieren · Das Leiden als Ursache der Überanstrengung · Grausamkeit eines Fleischers · Die überakute Überanstrengung, am häufigsten beobachtet beim Menschen

Die Überanstrengung ist nichts anderes, als eine bis aufs Äußerste getriebene Ermüdung.

Wir haben gesehen, daß die übermäßige Arbeit die Bildung gewisser Stoffwechselprodukte im Haushalt des Organismus bedingt und daß die allgemeinen Unwohlseinszustände der Ermüdung durch eine Art von Selbstvergiftung des Körpers durch diese Abfälle verursacht werden, die ihren schädlichen Einfluß so lange geltend machen, bis sie durch die Exkretionsorgane aus dem Körper ausgeschieden werden. Im Zustande der Überanstrengung kann der Organismus nicht länger gegen die allzureichlichen Abfälle, zu deren Ausscheidung nach außen die Ausscheidungsorgane nicht mehr hinreichen, ankämpfen. Es entsteht ein Mißverhältnis zwischen dem Aussonderungsvermögen des Organismus und der großen Menge von Verbrennungsprodukten, die ihn belasten.

Zwischen Ermüdung und Überanstrengung besteht kein anderer Unterschied als derjenige der Dosis der Substanzen, die

den Organismus vergiften; aber diese Substanzen sind dieselben und haben denselben Ursprung: es handelt sich stets um Abfälle der Verbrennung, wie sie durch die Arbeit erzeugt werden.

Ein Mensch, der nach einem Lauf von fünf Minuten außer Atem anhält, ist ein Mensch, der unter der Einwirkung einer vorübergehenden aus der Übung entsprungenen Kohlensäurevergiftung steht. Ein Pferd, das man zu einem sehr schnellen Galopp anspornt und das man zwingt, in diesem Galopp zu verharren, bis es zusammenbricht, stirbt vor Überanstrengung. Die Zufälle, an denen es eingeht, sind, wie im ersteren Beispiele, Wirkungen der den Organismus durchsättigenden Kohlensäure, aber im ersten Falle wird das giftige Gas noch zeitig ausgeschieden, im zweiten hat es sich zu einer Dosis angehäuft, die den Tod herbeiführt.

Die Kohlensäure ist von allen Verbrennungsprodukten dasjenige, das sich während der Arbeit mit der größten Schnelligkeit und in der größten Menge bildet. Sie ist dem Organismus am gefährlichsten, sie setzt den Menschen und das Tier bei der Arbeit den dringlichsten Gefahren aus. Wenn der Organismus in seinem Kampfe um ihre Ausscheidung unterliegt, so ist der Kampf in der Regel von kurzer Dauer und die Zufälle werden rasch tödlich. Dies beobachtet man bei einem Pferde, das man zum Galoppieren zwingt, ohne ihm Zeit zum Verschnaufen zu lassen, und das man aus seiner Verhaltung bringt, d. h. von dem man eine außer Verhältnis zu seiner Lungenkraft stehende Geschwindigkeit fordert. Das aus seiner Verhaltung gebrachte Tier erzeugt mehr Kohlensäure, als es durch seinen Atem auszuscheiden vermag. In kurzer Zeit häuft sich davon im Blut eine Dosis auf, die hinreicht, den Anfang einer Vergiftung herbeizuführen. Würde man ihm nun erlauben, auch nur eine Minute anzuhalten, so könnte es in dieser kurzen Ruhepause den Gasüberschuß, der es belästigt, ausscheiden und den Lauf ohne Gefahr wieder aufnehmen. Läßt man es aber nicht einen Augenblick verschnaufen, so behält es den Überschuß an Kohlensäure, dessen Dosis mit jedem Atemzug zunimmt, die Nervenzentren werden vom Blut getränkt, das zum Leben ungeeignet ist, der Herzmuskel wird mit einer Substanz durchtränkt, die ihn

lähmt, die Zirkulation stockt und das Tier stirbt. — Der Tod durch Atemlosigkeit kann als typisch für die überakute Anstrengung betrachtet werden. Diese Form von Überanstrengung läuft in Wahrheit auf eine Erstickung hinaus, durch Selbstvergiftung.

Diejenige Überanstrengung, die wir als akute bezeichnen, nimmt einen weniger raschen Verlauf. Den Musterfall liefern die Tiere, welche man zur Hetzjagd benutzt. Bei dieser Jagdart darf das Wild nicht getötet werden, es wird eingefangen, d. h. so lange gehetzt, bis die völlige Erschöpfung seiner Kräfte ihm nicht mehr gestattet, den Hunden zu entkommen.

Betrachten wir, was bei einem Rehbock vorgeht, der von Ermattung überwältigt ist und dessen Halali bald geblasen wird.

Das Wild hat Listen angewandt, d. h. von Zeit zu Zeit hat es, anstatt seinen Lauf geradeaus fortzusetzen, angehalten, versucht sich zu ducken, nachdem es auf seiner Fährte zurückgekommen ist und Hacken geschlagen hat, um die Hunde von der Spur zu bringen. Sein Lauf wurde somit durch eine Reihe von Pausen unterbrochen, die ihm gestatteten, sich zu verschnaufen und seine Kohlensäure durch Atmung auszuscheiden. Auch pflegt man es ziemlich lange zu hetzen, fünf bis sechs Stunden, oft noch länger, was unmöglich wäre, wenn es in gerader Richtung lief, ohne anzuhalten; denn dann würde die Angst es zwingen, aus seiner Verhaltung zu fallen, und obwohl viel schneller als die Hunde, würde es außer Atem kommen und sehr bald gestellt werden. Alle Jäger wissen, daß, wenn das Tier den Wald verläßt, um eine weite freie Strecke aus dem Dickicht zu gewinnen, die Jagd bald zu Ende kommt; es sei denn, daß es sich um ein Tier von besonderer Stärke handelt, z. B. um einen alten Wolf, der die Hunde verachtet, die Kraft seiner Läufe kennt und den Jägern nicht die Ehre antut, seine Gangart übermäßig zu beschleunigen, um ihnen zu entkommen.

Der Rehbock also vermeidet es dank seinen Listen, der Atemlosigkeit zu unterliegen; aber die übermäßige Arbeit, die er leistet, um seinen Feinden zu entgehen, erzeugt verschiedene Stoffwechselprodukte, die sich in großer Quantität in seinem Organismus anhäufen und die sich nicht, wie die Kohlensäure,

in einigen Minuten ausscheiden lassen. Ein großer Teil dieser Produkte kann in der Tat nur durch den Urin ausgeschieden werden, und wir selber haben bemerkt, daß die Abfälle, die mit dem Urin zu beseitigen sind, nur sehr langsam aus dem Körper befördert werden. Es wird also für den Rehbock unmöglich sein, sich während des Laufens dieser Verbrennungsprodukte zu entledigen, die seine Muskeln beschweren und das Blut vergiften. Sobald die Anhäufung derselben übermäßig wird, werden zwei Reihen von Tatsachen hervortreten. In erster Linie werden seine Bewegungen schwerfällig zufolge der in den Bewegungsorganen durch die Abfälle, die sie beschweren, hervorgerufenen Störungen; jene Abfälle sind der Asche oder dem Ruß zu vergleichen, womit die Röhren eines Kamins sich verstopfen. In zweiter Linie werden diese Abfälle durch die Blutgefäße resorbiert und vom Blutumlauf aufgenommen, woraus sich eine baldige Infektion des Organismus ergibt.

Nach einigen Stunden eines etwas lebhaften Jagens beginnt der Bock seinen Lauf zu verlangsamen, seine Läufe werden steif, die Hunde holen ihn ein. — Er ist am Ende seiner Kräfte, sagen die Jäger. — Für uns ist er durch die organischen Absonderungen, deren Erzeugung übermäßig geworden ist und die sich in zu hoher Dosis angehäuft haben, vergiftet. Seine Beine sind steif, weil der Muskelsaft unter dem Einfluß einer durch die Verbrennungen ausgelösten Säure, der Milchsäure, zu gerinnen beginnt und die Gesamtmuskulatur ist unter dem Einfluß der Hitze der Arbeit geradezu einer chemischen Auflösung verfallen. Die Bewegungsorgane des Tieres beginnen zu versagen, es kann nicht mehr fliehen und läßt sich von den Hunden lebendig fressen. Allein letzteres bildet nicht die einzige Todesursache. Denn selbst, wenn es dem gehetzten Reh gelingt, durch eine letzte List sich den Feinden zu entziehen, so stirbt es fast immer an den Folgen der Überanstrengung.

Ein völlig abgehetztes Stück Wild braucht nicht erst durch die Hunde oder durch den Jäger abgetan zu werden; es bricht zusammen, und oft findet man am Tage nach der Jagd im Dickicht den Kadaver eines Tieres, dessen Fährte man verloren hatte und das dort an den Folgen der Überanstrengung einge-

gangen ist. — Einer meiner Freunde hatte in seinen Wäldern einige Rehe losgelassen und jagte sie oft ohne die Absicht, sie zu fangen und nur, um seine Hunde zu dressieren, indem er die Meute stets in dem Augenblick anhielt, wo er das Tier der Erschöpfung nahe gebracht hatte. Es geschah, daß mehrere Rehe infolge dieser Jagden, die doch nur sozusagen eine Spielerei, eine Art von Manöver bildeten, bei denen kein Flintenschuß fiel, kein Hundezahn das Wild packte, eingingen. — Nicht nur die Unfähigkeit weiter zu laufen, nicht nur die lokale Ermüdung der Gliedmaßen ist es, was den Zustand des gehetzten Wildes kennzeichnet: es handelt sich um einen allgemeinen Zustand der Zersetzung der Gewebe, der geeignet ist, tödliche Zufälle herbeizuführen. Das gehetzte Tier ist ein Tier, welches durch eine Art von Fäulnis seines noch lebenden Fleisches vergiftet wird.

Untersucht man den Körper eines gehetzten Stücks Wild, so findet man sehr interessante Tatsachen für das Studium. Betrachtet man die Gliedmaßen, so fällt sofort ein Steifheitszustand auf, den man als Leichenstarre der Muskeln bezeichnet. Dieses Phänomen läßt sich nach dem Tode an allen Geschöpfen ohne Ausnahme betrachten, auch am Menschen: aber es tritt regelmäßig erst mehrere Stunden nach dem Entweichen des Lebens auf, während es beim gehetzten Wild sofort zutage tritt, wenn das Leben verschwindet, manchmal sogar schon in den letzten Zuckungen des Todeskampfes. Nichts ist seltsamer und nichts dürfte geeigneter sein, das menschliche Mitleid zu rühren, — wenn ein Mensch, der sich der Jagdleidenschaft überläßt, überhaupt des Mitleids fähig wäre — als so ein unglückliches gehetztes Wild zu sehen, das sich auf seinen Beinen fortschleppt, die sich schon nicht mehr biegen können und bereits steif wie ein Stück Holz geworden sind.

Die Erscheinungen der Leichenstarre beginnen somit bei den von akuter Überanstrengung befallenen Tieren schon wenige Augenblicke nach dem Eintritt des Todes.

Unter den Erscheinungen, die dem Tode nachfolgen, tritt noch eine hervor, die dem regelmäßigen Zeitpunkt ihres Eintritts auffällig voraufgeht, nämlich die Verwesung. Gehetztes Wild läßt sich nicht aufbewahren, es muß sofort gegessen wer-

den, es wird bereits wenige Stunden nach dem Tode ungenießbar. Der Körper eines gehetzten Wildes fault und zersetzt sich mit derselben Schnelligkeit, wie die Leiche eines Menschen, der an einer ansteckenden Krankheit gestorben ist und dessen Bestattung man daher beschleunigen muß. — In der Regel kann man ein Wildstück, dessen Eingeweide man bald nach seiner Erlegung ausgenommen hat, ziemlich lange aufbewahren. Die Notwendigkeit des Ausweidens erklärt sich durch die gewöhnliche Anwesenheit von Mikroben im Verdauungskanal, deren Keime nach dem Tode in alle Gewebe eindringen, da diese durch die lebendige Bewegung nicht mehr gegen ihre Invasion geschützt werden. Bei gehetztem Wild ist aber die Operation des Ausweidens vollständig nutzlos und nicht geeignet, die Fäulnis aufzuschieben. Dies kommt daher, daß der Ausgangspunkt der Fäulnis hier nicht mehr in einem von außen in den Verdauungswegen eingreifenden Agens liegt, sondern in Produkten, die sich in allen Teilen des Organismus durch die Arbeit gebildet haben, vornehmlich in denjenigen Teilen, die am meisten gearbeitet haben, in den Muskeln.

Das schnelle Verderben des Fleisches von gehetztem Wild wird durch chemische Veränderungen in seinen Muskeln verursacht. Die Muskeln bilden ja das eigentliche *Fleisch* des Tieres, sie machen an Gewicht mehr als die Hälfte des Körpers aus, und es ist nicht überraschend, daß eine Änderung in der Zusammensetzung, die sich über eine solche Masse erstreckt, sehr ausgesprochene Wirkungen auf den gesamten Organismus ausübt. Die Muskeln, welche übermäßig gearbeitet haben, unterliegen einer Veränderung ihrer chemischen Zusammensetzung. Während sie im Zustande der Ruhe alkalisch waren, werden sie jetzt säurehaltig: sie enthalten Milchsäure, die sich vor der Arbeit nicht in ihnen befand.

Sie sind weniger reich an Sauerstoff und mehr mit Kohlensäure überladen, als im Zustande der Ruhe. Viele stickstoffhaltige aus den Verbrennungen des Muskelgewebes hervorgehende Verbindungen sind beträchtlich vermehrt.

Diese Substanzen, deren letzter Verbrennungsgrad der Harnstoff ist, bilden eine Reihe von Körpern, die sich untereinander

nur durch das größere oder kleinere Verhältnis des Sauerstoffs und folglich nur durch einen mehr oder weniger ausgesprochenen Grad von Oxydation oder Verbrennung unterscheiden. Alle Autoren zählen hierher das Kreatin, das Hypoxanthin, Acide inositue usw. und schließlich die durch ihre Rolle bei der Gicht interessanteste und bekannteste Harnsäure.

Diese Substanzen sind im allgemeinen wenig kristallisierbar und haben das gemeinschaftliche Kennzeichen, sich im Alkohol aufzulösen, wenn man einen ermüdeten Muskel in diese Flüssigkeit einweichen läßt. Man nennt sie gemeinhin Extraktivstoffe.

Die Extraktivstoffe finden sich im Muskel auch im Zustande der Ruhe, aber sie sind in viel reichlicherer Menge darin vertreten infolge einer Überanstrengung. Liebig hat zehnmal mehr Kreatin aus den Muskeln eines auf der Hetzjagd erlegten Fuchses gewonnen, als aus denjenigen eines zuvor im Käfig gehaltenen und dann im Laboratorium geschlachteten.

Welches ist nun die Rolle der Extraktivstoffe bei der Entstehung der Übermüdung. Spielen diese Substanzen die Hauptrolle bei den Vergiftungserscheinungen, die man an überanstrengten Geschöpfen beobachtet? Das sind Fragen, die ohne Zweifel bald eine befriedigende Antwort finden werden. A. Gautier (Académie de médécine, 15. Januar 1886) hat nachgewiesen, daß sich unter den Erzeugnissen der Muskelarbeit Alkaloide bilden, deren giftige Wirksamkeit nicht geringer ist als die der bereits bei verfaultem Fleisch unter dem Namen Ptomaine bekannten Verwesungsgifte. Bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft ist es noch unmöglich, die organischen Substanzen, welche die wahren Ursachen der Überanstrengungsanfälle sind, mit ihren Namen und chemischen Formeln zu bezeichnen, aber alles berechtigt uns, zu glauben, daß die von Gautier als Leucomaïne bezeichneten Alkaloide die Ursache vieler noch schlecht erklärter Zufälle bilden, von denen überangestrengte Tiere oder Menschen befallen werden.

Bei Menschen sind Fälle von akuter Überanstrengung selten zu beobachten, zumal in unserem Zeitalter der Zivilisation. Das Altertum hat uns aber ein berühmtes Beispiel hinterlassen, nämlich dasjenige des Kriegers von Marathon, der, um die erste

Nachricht des Sieges zu überbringen, in einem Zuge bis Athen lief und bei seiner Ankunft tot zusammenbrach.

Man kann sich vergewissern, daß die bis zu ihren letzten Grenzen getriebene Ermüdung beim Menschen wie beim Tier eine vorzeitige Starre des ganzen Muskelsystems herbeiführt. So hat man Kämpfer gesehen, die nach einem langen und erbitterten Kampfe fielen, deren Körper im Zustande akuter Überanstrengung seltsame Figuren bildeten; ihre Leichen waren in den Stellungen, die den Verteidigungs- und Angriffsbewegungen entsprachen, geblieben; die Leichenstarre war im Momente des Todes selbst eingetreten und hatte die Sterbenden in ihrer letzten Haltung überrascht, und die Muskeln hatten diese, da sie augenblicklich erstarrt waren, bewahrt.

Unter dem Einfluß der akuten Überanstrengung befällt die Leichenstarre die Muskeln des Gesichts ebenso schnell wie diejenigen des übrigen Körpers und vermag aus demselben Grunde auch diesen Muskeln die Kontraktion zu erhalten, die sie in den letzten Lebensmomenten angenommen hatten uns somit auch den Ausdruck ihrer letzten Empfindungen, die sie erlebt haben. Bei ermordeten Personen, und zwar bei solchen, die sich zu verteidigen versucht haben, deren Kräfte aber in einigen Minuten des letzten Kampfes erschöpft waren, hat man manchmal einen schrecklichen Gesichtsausdruck konstatiert, der noch mehrere Stunden nach dem Tode andauerte. Ihre verzweifelten Anstrengungen, sich der Mörder zu erwehren, hatten eine rasche Erschöpfung zur Folge gehabt; die Muskelsteife des Angesichts, die deshalb sehr schnell eingetreten war, hatte in ihre Physiognomie eine Art von Klischee des letzten Ausdrucks aufbewahrt.

Wenn man sich darüber wundern sollte, daß die Leichenstarre schon im Augenblick des Todes eintrete, so dürften wir ein von Ch. Richet mitgeteiltes Faktum anführen; derselbe konnte beobachten, daß Muskel steif wurden, bevor das Herz zu schlagen aufgehört hatte.[1]

Die üblen Folgen der Erschöpfung für das Fleisch der Tiere sind schon häufig von Tierärzten und von Gewerbetreibenden,

[1] Ch. Richet, Les muscles et les nerfs, Paris, Felix Alcan.

die sich mit der Konservierung von Fleischwaren beschäftigen, hervorgehoben worden. Das Fleisch eines in voller Erschöpfung getöteten Tieres wird schnell schlaff und feucht, es nimmt einen süß-säuerlichen Geruch an, einen Geruch nach schmutziger Wäsche, wie Raillet und Vilain bemerken: es ist unmöglich es lange aufzubewahren. Es ist gefährlich, das Fleisch von überangestrengten Tieren zu genießen, wenn es nicht ganz frisch gegessen wird. Man hat Typhusepidemien zurückgeführt auf die Verzehrung von Schlachtvieh, das man erschöpft hatte, indem man es einer Armee in Eilmärschen nachtrieb. Diese Tatsachen sind den Händlern mit Fleischkonserven wohlbekannt und diese Industriellen treffen auch Vorsichtsmaßregeln, um den üblen Folgen der Ermüdung des Schlachtviehs vorzubeugen. In den Schlächtereien Südamerikas ist man sehr besorgt, das halbwilde Rindvieh, das lange Strecken durch die Pampas bis zum Schlachthof zurücklegen muß, nicht sofort schlachten zu lassen. Jedes Schlachthaus ist mit einem großen Hof versehen, wo das Vieh sich erst erholt, bevor es geschlachtet wird. Sein Fleisch würde sich nicht konservieren lassen, wenn die erschöpften Rinder nicht die Zeit hätten, in zwei oder drei Ruhetagen die Ermüdungsstoffe wieder auszuscheiden.

Im Gegensatz zu diesen Tatsachen, wo die Erschöpfung dem Fleisch schädliche Eigenschaften mitteilt, ließen sich andere anführen, wo die Ermüdung umgekehrt als ein Mittel benutzt wird, dem Fleisch der Tiere, die man schlachten will, besondere kulinarische Eigenschaften zu beschaffen. Wir haben von Feinschmeckern die Behauptung gehört, daß man früher in Paris besseres Rindfleisch aß als heutzutage. Als es noch keine Eisenbahnen gab, wurde das Vieh zu Fuß angetrieben und machte in kleinen Tagereisen manchmal mehr als hundert Meilen, bevor es zum Schlachthof kam: man behauptete, daß die Anstrengungen der Reise das Fleisch zart machte und ihm einen gewissen Nußgeschmack verlieh. Ebenso hat man in Süditalien die Gewohnheit, Büffel, die in der Freiheit leben und deren Fleisch hart und ledern ist, lange Zeit zu Pferde zu hetzen und in jedem Tempo galoppieren zu lassen. Man sagt, daß ihr Fleisch nach einer solchen wilden Hetzjagd einen besseren Geschmack bekommt.

Diese Tatsachen stehen nicht in Widerspruch mit dem zuerst von uns angeführten. Sie beweisen immerhin, daß die Ermüdung bei den Tieren neue Produkte anhäuft, deren Anwesenheit eingreifend die Eigenschaft des Fleisches verändert. Wenn diese Produkte nicht in zu großer Menge vorhanden sind und vor allem, wenn man das Fleisch bald nach der Tötung ißt, so daß man die Fäulnis vermeidet, deren Erscheinung sie beschleunigen, so ist das ermüdete Fleisch unschädlich. Die Extraktivstoffe führen sogar eine Art von Würze für das Fleisch mit sich und geben ihm einen Anflug von Hautgoût, einen pikanten Geschmack, der dem Gaumen angenehm ist. Die Liebhaber ziehen diesen Geschmack dem des gewöhnlichen Fleisches vor, wie sie auch länger gehangenes Wild frischem vorziehen.

Es ist stets die Überanstrengung, worauf man den eigentümlichen Geschmack des Fleisches zurückzuführen hat, die man vor ihrer Tötung Qualen ausgesetzt hat. Ein Fleischer in der Umgegend von Limoges stand in dem Rufe, besseres Schweinefleisch zu verkaufen, als alle anderen Schlächter. Dieses Scheusal schlachtete seine Tiere niemals, ohne sie zu foltern, er bohrte ihnen die Augen aus und ließ sie langsam unter kleinen Stichen verbluten. In einigen Kantons von Südfrankreich schlachtet man die Gänse erst, nachdem man sie lebendig gerupft hat, in der Absicht, ihr Fleisch durch die Qual schmackhafter zu machen. Es gibt Köchinnen, die sich rühmen, einem zahmen Kaninchen Wildgeschmack zu verschaffen, indem sie es durch ein langsames Verfahren schlachten, beispielsweise, indem sie es mit Hilfe einer Schlinge, die sich allmählich zuzieht und das Tier zwingt, sich lange abzumühen, bevor der Tod eintritt, töten.

Diese unmenschlichen Maßregeln können nur die Entrüstung aller Menschen herausfordern, die ein Herz besitzen; aber man muß zugeben, daß der Gedanke, dem sie entspringen, von einem rein wissenschaftlichen Standpunkte aus nicht unbegründet ist. Das Fleisch eines Tieres, das viel gelitten hat, kann einen besonderen Geschmack haben, ebenso wie dasjenige eines übermüdeten Tieres; denn die Qualen führen zur Erschöpfung. Das unglückliche Tier, welches man martert, erschöpft sich in verzweifelten Anstrengungen, um dem Schmerz zu entgehen, und

gibt in einigen Minuten ebensoviel Nervenkraft aus, als wenn man es zu einer langen Arbeit gezwungen hätte.

Man hat seit langer Zeit bemerkt, daß die Tiere, die man zu Vivisektionen für physiologische Versuche benutzt und die erst nach einer gewissen Zeit der Qual und des ohnmächtigen Kampfes, durch den sie sich dem Schmerz entziehen wollen, verenden, nach ihrem Tode ganz den Anblick von gehetzten Tieren bieten: gesträubtes Haar, gebadet von Schweiß, vorzeitige Leichenstarre und ein Fleisch, das schnell in Fäulnis übergeht.

Vorstehendes sind anscheinend sehr verschiedenartige Tatsachen, die man vielleicht nicht erwartete, zusammengestellt zu sehen. Sie haben, wie wir hoffen bewiesen zu haben, ein gemeinsames Band, d. h. die Entwicklung gewisser Stoffwechselprodukte im Organismus, die aus einer zu großen Quantität geleisteter Muskelarbeit entspringen. Diese Produkte finden sich ebensowohl in dem Körper eines Menschen, der sich durch die Arbeit erschöpft, als in demjenigen eines Tieres, das sich lange gegen die Qual abgemüht hat, weil in beiden Fällen dieselbe Übertreibung die Ermüdung vornimmt.

Die *langsame* Erschöpfung ist wie die akute Erschöpfung die Wirkung einer Durchtränkung des Organismus mit Arbeitsabfällen; aber die Zufälle nehmen einen weniger raschen Verlauf und regelmäßig ein weniger schlimmes Ende, weil die Dosis der schädlichen Substanzen geringfügiger ist, da die Übung, welche sie hervorruft, nicht so heftig ist.

Diesen Zustand beobachtet man bei Personen, deren Körper zu andauernden Arbeiten oder Ermüdungen ausgesetzt sind, die sich zu oft wiederholen, ohne daß eine genügende Ruhepause sie unterbricht.

Nehmen wir an, daß ein Mensch sich einer ermüdenden Arbeit unterzieht, die aber an sich das Maß seiner Kraft nicht überschreitet. Die Arbeit wird ertragen und führt im Organismus die gewöhnlichen Unbehaglichkeiten der nachfolgenden Ermüdung und der Steifigkeit herbei. Nimmt nun der Mensch am folgenden Tage dieselbe Übung wieder auf, so sind die Arbeitsabfälle vom vorhergehenden Tag in dem Augenblicke noch nicht ausgeschie-

den, wo bereits neue Abfälle hinzutreten, um die Dosis zu vergrößern. Nehmen wir an, daß er in den folgenden Tagen die Arbeit ohne Unterbrechung fortsetzt: die Dosis der schädlichen Substanzen, die sich im Blute anhäufen werden, immer größer werden und nach Ablauf einer gewissen Zeit ein Verhältnis erreichen, das genügt, schwere Krankheitsfälle herbeizuführen. Die Ermüdung wird eines Tags die Form einer Krankheit annehmen, und der Zustand der Erschöpfung ist eingetreten.

Der Zustand der langsamen Erschöpfung führt zu Krankheiten von langer Dauer oder vielmehr zu schwer charakterisierbaren krankhaften Zuständen, die nicht gerade von bestimmten Krankheiten zu reden gestatten, die aber den Organismus so wesentlich umstimmen, daß die geringste zufällige Gesundheitsstörung einen verderblichen Einfluß erlangt. Der durch Stoffwechselprodukte infizierte Organismus wird ein Terrain, das erstaunlich für die Entwicklung anderer Krankheitskeime vorbereitet ist.

Die mehr oder weniger dauernden Gesundheitsstörungen, welche die Folge von übermäßiger Arbeit sind, sollen im folgenden Kapitel erörtert werden.

VIII. DIE ERSCHÖPFUNG (FORTSETZUNG)

Die Erschöpfungskrankheiten · Die pseudo-typhoiden Fieber · Die Auto-Infektion und Auto-Typhisation; Meinung des Professors Peter · Mikroben und Leucomaine · Häufigkeit der Erschöpfungsfieber · Größere Prädisposition bei jungen Leuten · Zwei persönliche Beobachtungen · Übertreibung des Fechtsports und des Turnens am Trapez · Die Erschöpfung in der Armee · Allzu schneidige Obersten · Gewaltmärsche · Die Erschöpfung als erschwerende Krankheitsursache · Ansteckende Form, welche die leichtesten Affektionen bei erschöpfenden Organismen annehmen · Der sogenannte Sonnenstich der Soldaten bei Märschen · Vorwiegende Bedeutung der Erschöpfung bei der Entstehung dieser Unfälle · Seltenheit des Sonnenstichs bei der Reiterei; seine Häufigkeit bei Fußtruppen · Er verschont die an die Anstrengung gewöhnten Personen · Seltenheit des Sonnenstichs bei Erntearbeitern

Es kommt vor, daß ein Arzt ein dauerndes Fieber vorfindet, dessen Ausgangspunkt er in äußeren Ursachen nicht entdecken kann. Keine Ansteckung, keine Epidemie ist festzustellen. Der Kranke bildet einen isolierten Fall. Man fühlt sich versucht, die Diagnose auf Typhus zu stellen und doch kann man keines der gewöhnlichen Elemente dieses Fiebers entdecken; die genaueste Untersuchung beweist, daß eine Ansteckung nicht stattgefunden haben kann, weder durch Luft noch durch Wasser, Milch oder Abortverhältnisse; man findet die Ursache der Krankheit weder in den Personen noch in den Dingen, welche den Kranken umgeben. Wenn man dann mit Sorgfalt der Vorgeschichte der Krankheit nachgeht, so findet man fast immer, daß der Patient sich dem Mißbrauch einer Übung oder irgendeiner übertriebenen Arbeit ausgesetzt hat.

Es gibt in der Tat ein Erschöpfungsfieber, das die größte Ähnlichkeit mit Typhusfällen hat und bei der Konfusion, die zwischen dem wirklichen Typhus und den schweren Erschöpfungskrankheiten herrscht, ist es schwer, in genauer Weise die pathognomischen Kennzeichen zu bestimmen, welche der einen oder der anderen Krankheit angehören.

Das Erschöpfungsfieber ist nur eine Übertreibung der Steifigkeit. Ursachen und Verlauf sind dieselben. Beide Zustände sind Folgen einer Auto-Infektion, einer Vergiftung des Körpers durch sich selbst; und die Infektionsstoffe sind in beiden Fällen Produkte des durch die Arbeit veranlaßten Stoffwechsels; aber bei der einfachen Steifigkeit hat der Kranke zur rechten Zeit ausgeruht und beim Ausruhen die Substanzen, welche das Unwohlsein verursachen, ausscheiden können, während beim Erschöpfungsfieber diese Stoffe durch neue Arbeit vor ihrer vollständigen Beseitigung erneuert worden sind und sich so in hoher Dosis im Blute angehäuft haben.

Die Erschöpfung läuft nicht immer auf einen typhusartigen Fieberzustand hinaus. Es kommt oft vor, daß die Zufälle sich auf einen Zustand allgemeiner Zerschlagenheit, der Schwäche aller Lebenstätigkeiten beschränken. In diesem Falle kommen die Krankheitserscheinungen nicht zum Ausbruch und die Störungen des Organismus halten in einem Prodromalstadium ein, in einem Zustande des drohenden Ausbruchs der Krankheit. Es ist eine Warnung, die dazu dient, noch zeitig den Mißbrauch, der dazu geführt hat, abzustellen. Die Krankheit, die der Patient brütete, kommt nicht aus, weil der Organismus in bessere hygienische Bedingungen versetzt wird, — und die einzige wirksame Bedingung gegen die Erschöpfung ist die Ruhe. So hat man sich viele Krankheitszustände zu erklären, die man als Anfänge des Typhus bezeichnet, Zufälle, die sich oft mit größter Heftigkeit entwickeln und nach wenigen Tagen verschwinden.

Man führt sehr häufig die Erschöpfung unter den Ursachen auf, die zum Typhus prädisponieren; aber die Erschöpfung bewirkt mehr als eine bloße Prädisposition zum Typhus; sie ist imstande, abgesehen von jeder anderen Ursache, dauernde Fieberepidemien hervorzurufen, die dem Typhus vollkommen ähnlich sind.

Mehrere hervorragende Mitglieder der medizinischen Akademie haben in einer hochinteressanten Verhandlung (Comptes rendus, März 1886) aus Anlaß der von Gautier in den Produkten des lebenden Organismus entdeckten Gifte die Bedeutung der Selbstvergiftung bei Krankheiten beleuchtet. Sie haben gezeigt,

wie das Blut den vergiftenden Einfluß gewisser chemischer Gifte, die man Leukomaïne nennt, die sich im Organismus selbst ausbilden und unter gewissen Fällen, sei es aus Mangel an Aussonderung oder zufolge übermäßiger Produktion anhäufen, ausgesetzt ist. — Professor Peter nennt diese Art von Infektion Auto-Typhisation, weil sie ganz ähnliche Affektionen hervorruft, wie die typhösen Erkrankungen.

Die übermäßige Arbeit, eine aktive Ursache der Anhäufung von giftigen Organprodukten, führt sehr oft zur Auto-Typhisation.

Wir haben persönlich mehrere Fälle dieser pseudotyphösen Fieber an Patienten beobachten können, deren Lebensweise uns bekannt war. Wir konnten leicht von der Wirkung auf die Ursache zurückkommen und nach erfolgter Untersuchung die ausschließliche Rolle des Übermaßes an Muskelarbeit in der Verursachung der Krankheit erkennen.

Zwei von diesen Kranken sind uns besonders aufgefallen. Der eine hatte sich beim Fechten überangestrengt, indem er jeden Tag sechs Stunden das Florett in der Hand verbrachte. Der andere hatte das Turnen an Gerätschaften übertrieben, er übte den Tag über vier Stunden lang an einem bei sich aufgestellten Reck. Beides waren Jünglinge, und da in diesem Alter die anatomischen Bestandteile des Körpers weniger gefestigt sind als im Mannesalter, so unterliegen sie leichter der Stoffwechselbewegung. Die Arbeit hatte ihre Gewebe zu sehr angegriffen und die durch zu starke Verbrennungen verursachten übermäßigen Ausscheidungen hatten ihren Organismus vergiftet.

Jeden Augenblick begegnet der Arzt in der Praxis Fällen, die ihn in Erstaunen setzen und die unerklärlich wären, wenn nicht die Überanstrengung als Ursache bezeichnet werden könnte. — Eine Kaserne ist alt; ihre Mauern und Decken verbergen sicher Mikroben; denn eine Epidemie bricht aus: der Typhus dezimiert die Mannschaften. Man weißt die Wände, desinfiziert, die Epidemie nimmt zu und wütet. Man wechselt den Oberst: die Krankheit verschwindet wie durch Zauber. — Denn ein weniger unruhiger Führer hat das Kommando übernommen: Die Mannschaften sind nicht mehr einem Übermaß von Manövern unter-

worfen. Keine Märsche mehr von 50 Kilometern, keine Turn- und Voltigirleistungen mehr, bestimmt, die Bewunderung der Zivilbevölkerung hervorzurufen. Der auf seine genaue vorschriftsmäßige Arbeit beschränkte Soldat leidet nicht mehr an Erschöpfung; eine Verminderung der Anstrengung hat genügt, um die Epidemie zum Erlöschen zu bringen.

Die bei der Armee so häufigen typhösen Fieber sind fast immer Erschöpfungsfieber. Man beobachtet sie vor allem bei Truppen, welche besonderen Hülfsmanövern, Gewaltmärschen unterzogen werden; sie wüten vorzugsweise unter den Waffengattungen, die besonders angestrengte Arbeit fordern, in den Artilleriegarnisonen z. B., wie man es in Angoulême und Clermont gesehen hat. Endlich erfassen sie vorzugsweise die jungen Soldaten, die noch nicht an die Anstrengung gewöhnt sind. Mehr noch, eine charakteristische Einzelheit, sie verbreiten sich sehr selten unter die Zivilbevölkerung, deren Häuser an die Kaserne grenzen, die aber nicht denselben Erschöpfungsursachen unterworfen ist.

Alles dies beweist die wichtige Rolle der Muskelveränderung bei der Erzeugung von Krankheiten. Alles zeigt uns, abgesehen von den Einflüssen, die von außen kommen, die Macht derjenigen Krankheitserreger, die ihre Entstehung im Organismus haben. Die Mikroben, parasitische Organismen, spielen eine Rolle bei den Ansteckungskrankheiten, aber daneben muß man gewisse chemische Gifte, welche sich während der Lebensakte bilden, die eine heftige Übung begleiten, als die Ursachen schwerer Affektionen in Rechnung ziehen.

Diese Gifte, die man erst seit kurzem entdeckt und den Alkaloiden der Verwesung verglichen hat, sind imstande, einen verderblichen Einfluß auf den Organismus auszuüben, in dessen Schoße sie entstehen und der sie nicht schnell genug ausscheidet. Sie sind die Ursache der Entwicklung gewisser Formen typhöser Erscheinungen. Sie sind auch die Ursache der so bemerkenswerten Erscheinung der Verschlimmerung, welche die einfachsten Verletzungen, die harmlosesten Affektionen annehmen, wenn sie bei einem erschöpften Menschen eintreten.

Infolge großer physischer Anstrengung wird eine Lungen-

entzündung oder eine Erysipelis leicht einen infektiösen Charakter annehmen, und die einfachsten Wunden erlangen eine Tendenz, sich durch Eintritt von Wundbrand zu komplizieren. Es handelt sich nicht um einen Keim, der von außen hinzukommt und das Blut verdirbt; es ist der Organismus selbst, der sich durch seine eigenen Produkte vergiftet hat. Die anfangs gutartige Krankheit verschlimmert sich und nimmt eine infektiöse Form an, weil sie sich auf einem durch die Leukomaïne und andere Gifte, die aus der gesteigerten Tätigkeit der Organe entstehen, verdorbenen Boden entwickeln.

Der Typhus ist nach allen Beobachtern das Ergebnis der Absorption eines menschlichen Miasma. Es sind in der Regel große Anhäufungen von Menschen, die ihn zum Ausbruch bringen. Einer der angesehensten Schriftsteller, Griesinger,[1] hebt den bemerkenswerten aetiologischen Unterschied hervor, den man zwischen dem intermittierenden Sumpffieber, einer Krankheit des platten Landes und unkultivierter Gegenden, wo die Menschen selten sind und der Pflanzenwuchs überwiegt, und dem Typhus, einer Krankheit der Städte und von mit Menschen überfüllten Räumen zu machen hat.

Die Erschöpfung steigert die Gefahren der Anhäufung durch einen sehr einfachen Mechanismus, indem sie die Menge der Miasmen, welche die Menschen, die sich in demselben Lokal vereinigen, ausdünsten, vermehrt.

Ein von vierzig Menschen besetzter Schlafraum ist, wenn diese einen Gewaltmarsch gemacht haben, viel mehr mit Miasmen angefüllt, als wenn die gleiche Anzahl von Personen darin übernächtigt, ohne eine Muskelarbeit geleistet zu haben. Es genügt, um sich davon zu überzeugen, am Tage nach einer langen Marschübung einen Militärschlafsaal zu betreten. Man wird fast ohnmächtig durch den ganz widerlichen und eigentümlichen Geruch, der sich hier entwickelt. — Allen Spöttereien über den Infanteristen zum Trotz sind es nicht bie Füße der ermüdeten Leute, die diesen pestilenzialen Gestank ausdünsten, sondern ihre Lungen und die ganze Oberfläche ihrer Haut.

Man hat schon oft Gelegenheit gehadt, Tatsachen zu vermel-

[1] Griesinger, Infektionskrankheiten.

den, die sich mit dieser Meinung von einer Vergiftung des Menschen durch den Menschen vereinigen, und zu sehen, daß diese Vergiftungen durch menschliches Miasma um so schwerer sind, je größer die Strapazen waren, aus denen der giftige Stoff entstanden ist.

So liest man in der Geschichte des Aufstandes der Sepoys in Britisch-Indien folgendes Faktum:

Ein Regiment von Sepoys, das von den Engländern geschlagen war, ergriff die Flucht, und die 800 Mann, die seinen Rest bildeten, wurden drei aufeinanderfolgende Tage wie wilde Tiere verfolgt und gehetzt. Als die Ermattung ihren höchsten Grad erreicht hatte, flüchteten sich die Unglücklichen auf eine kleine Insel, wo sie sich, ohne Widerstand zu leisten, wie abgehetzte Tiere greifen ließen. Nach ihrer Gefangennahme schloß man ihre hundertachtzig in einen engen Raum ein, wo sie bis zu ihrer Exekution warten sollten. Am folgenden Morgen, als man sie zur Hinrichtung abholen wollte, waren drei Viertel gestorben. Die Einpferchung dieser erschöpften Menschen hatte in der Luft des Kerkers Miasmen in so hoher Dosis angehäuft, daß deren Absorption den Tod von 125 Gefangenen verursacht hatte. Die übrigen 55 wurden von typhusähnlichen Erscheinungen ergriffen und erlagen in der Mehrzahl nach dreißig- bis vierzigtägiger Krankheit.

Auf Erschöpfung muß man auch auf den Hauptanteil an gewissen Anfällen zurückführen, die man gewöhnlich durch die Sonnenhitze erklärt und zu Unrecht mit dem Namen *Sonnenstiche* bezeichnet.

In einer Militärkolonne, die sich an einem sehr heißen Tage auf dem Marsch befindet, sieht man oft Leute plötzlich bewußtlos hinfallen und auf der Stelle sterben. Allgemein gibt man der Sonnenhitze die Schuld an diesen schweren Unfällen. Nach unserer Meinung bedarf es des Eintritts zweier Faktoren, um den Hitzschlag zu erklären, dem der junge Soldat auf dem Marsche unter dem Einfluß einer Augustsonne anheimfällt. Gewiß ist die Sonne einer der Faktoren des Unfalls, aber die Arbeit ist ein anderer und bei weitem der wichtigste von beiden.

Man erinnere sich, wie der Körper sich des Wärmeüberschusses

entledigt, den die Muskelarbeit in ihm entwickelt. Man weiß, daß der vasomotorische Apparat das Blut der Haut in dem Maße, in dem es sich durch die Arbeit erhitzt, zuführt; der Körper kühlt sich durch Ausstrahlung mit um so größerer Schnelligkeit ab, je größer der Unterschied zwischen der Temperatur seiner äußeren Oberfläche und derjenigen seiner Umgebung ist, da diese Umgebung kälter als das Blut angenommen werden darf, wie dies in den gemäßigten Klimaten regelmäßig der Fall ist. Wenn die umgebende Luft viel kälter als das Blut ist, so kühlt sich diese Flüssigkeit in dem Maße, in welchem sie zur Haut gelangt, fast augenblicklich ab; wenn dagegen die äußere Temperatur diejenige des Organismus überschreitet, so muß die Hautoberfläche anstatt Hitze durch Strahlung zu verlieren, solche noch steigern.

Ungeachtet dieses der Abkühlung des Blutes so ungünstigen Ergebnisses verteidigt sich der Körper im Zustande der Ruhe siegreich gegen das Eindringen der äußeren Wärme dank derjenigen Abkühlung, die durch Verdunstung des Schweißes und den aus der Lunge strömenden Wasserdampf erzielt wird; so kann man während einiger Minuten ohne schwere Nachteile in einem Schwitzbade verweilen, dessen Hitze diejenige der glühendsten Sonne bei weitem überschreitet. Aber wenn zu der Wirkung der Temperatur noch diejenige der Muskeltätigkeit hinzutritt, so hat der Organismus nicht nur gegen die Hitze der Umgebung anzukämpfen, er hat sich auch noch gegen den Überschuß der in seinen Organen entwickelten Wärme zu verteidigen. Er ist in diesem ungleichen Kampfe der Hülfe des vasomotorischen Apparates beraubt, dessen Tätigkeit ihm keinen Nutzen schafft. Das beständig nach der Haut strömende Blut kann seine Wärme durch Strahlung nicht mehr an eine Umgebung abgeben, die wärmer ist, als es selbst, und das Blut wird in die inneren Organe zurückkehren, indem es fast die Gesamtheit der aus der Arbeit stammenden Wärmemenge wieder mitbringt.

Es gibt einen sehr ausgesprochenen Unterschied zwischen der Art und Weise, wie wir den Sonnenstich in unsern Ländern begreifen, und seiner gewöhnlichen Erklärung. Für uns ist es nicht die Sonne, die den Menschen durch einen Zuwachs von Hitze

tötet, den sie ihm zuführt, sondern sie hindert ihn lediglich, sich seiner inneren Wärme zu entledigen, die sich im Überschuß entwickelt hat. — Wer erkennt nicht auf den ersten Blick die praktische Bedeutung dieser Unterscheidung? Der Mann, der während eines Gewaltmarsches bei großer Sonnenhitze unterliegt, wird nicht durch die Sonne getötet, sondern durch den Gewaltmarsch. Er stirbt nicht an einem Sonnenstich, sondern an Erschöpfung, und folglich, wenn er nicht erschöpft wäre, würde ihn die Sonne nicht töten können. Die Sonne ist nicht die zureichende Ursache des Unfalls, sondern nur eine auslösende Bedingung.

Man beobachtet in unserm gemäßigten Klima niemals einen Fall von tödlichem Sonnenstich bei Menschen, die der Sonnenhitze ausgesetzt sind, wenn diese Menschen sich nicht einer anstrengenden Arbeit unterziehn. Ein Mensch, der sich einer starken Julisonne längere Zeit aussetzt, kann sich vielleicht, wenn seine Haut zart ist, einen Sonnenstich zuziehen; er wird eine Gehirnkongestion erleiden, wenn er sich nicht durch eine ausreichende Kopfbedeckung geschützt hat; er wird sehr verschiedene Arten von Unwohlsein infolge der übermäßigen Hitze erleiden können: eine Ohnmacht, eine Verdauungsstörung usw., aber niemals tödliche Zufälle, sofern nicht eine andere Krankheit oder ein Fehler in der Konstitution, der nichts mit dem sogenannten Sonnenstich gemein hat, sich damit kompliziert. Die Kavallerieoffiziere wissen sämtlich, daß ihre Leute sehr selten vom Sonnenstich getroffen werden, während die Pferde, welche sie tragen, diesem Unfall sehr oft erliegen. Fast ausschließlich wird der Hitzschlag bei der Infanterie beobachtet, vorzugsweise auf Gewaltmärschen, und wenn die Leute mit dem schwersten Gewicht belastet sind. Der Infanterieoffizier, der keinen Tornister trägt, wird seltener davon berührt, als seine Mannschaften, und von diesen überfällt der sogenannte Sonnenstich hauptsächlich diejenigen, die am wenigsten an Strapazen gewöhnt sind. Bei den Sonnenstichen, die man in jedem Jahre zur Zeit der großen Manöver meldet, sind die Soldaten, die ihnen unterliegen, fast immer Reservisten, die ohne Vorbereitung und ohne einen Übergang von vollständiger Muskeluntätigkeit zu

übermäßiger Anstrengung sich stellen mußten, und sich folglich in den günstigsten Bedingungen für die Entwickelung der Erschöpfungsanfälle befanden.

Dieselben Feststellungen sind oftmals bei Tieren gemacht worden. Es ist eine allgemeine Beobachtung, daß ein Pferd um so leichter vom Sonnenstich betroffen wird, je mehr es mit Fett belastet und je weniger es durch tägliche Arbeit trainiert ist.

An Anstrengung gewöhnte Menschen, solche, die täglich schwere Arbeiten verrichten, werden selten Opfer der Zufälle, von denen wir sprechen. Man sieht niemals auf dem Lande einen Bauern an Sonnenstich sterben, und doch hat noch niemals eine Manövertruppe die Strahlen der Sommersonne länger und mit so wenig Sorglosigkeit für jegliche Schutzvorrichtungen ausgehalten, als die Schnitter. Um es zusammenzufassen, die Sonnenhitze allein kann den Tod nicht herbeiführen, ausgenommen in den heißen Klimaten. Die als Sonnenstiche bezeichneten Unfälle, die man in unsern gemäßigten Ländern beobachtet, haben ihre Ursache wesentlich in einer Erhöhung der Temperatur des Blutes, da man mit dem Thermometer bis zu 45° bei den Patienten, die ihr unterliegen, beobachtet hat; aber diese übermäßige Temperatur ist nicht das Ergebnis der Sonnenwärme, sie ist die Folge der übermäßigen vitalen Verbrennungsprozesse.

Was den Menschen bei dem sogenannten Sonnenstich tötet, ist die Erschöpfung der Kräfte unter schlecht begriffenen hygienischen Bedingungen, aber es ist nicht die Sonne.[1]

[1] Im Augenblick, wo die erste Auflage dieses Buches erschien, kannten wir noch nicht die bemerkenswerte Veröffentlichung von Dr. Héricourt, Oberstabsarzt, über die Accidents causés par la chaleur. Diese Arbeit erschien 1885, sie ist die vollständigste Studie über diesen Gegenstand. Wir schätzen uns glücklich, dem Autor in gerechter Würdigung die Priorität zuzuerkennen und in seinen Ausführungen über den Sonnenstich ein wertvolles Argument zugunsten der von uns verteidigten Theorie zu finden.

IX. DIE ÜBERANSTRENGUNG (SCHLUSS)

Ein schwindsüchtiger Herkules · Das bei der Trainierung verdorbene Pferd · Langsame Überanstrengung · Erschöpfung durch Verbrauch der organischen Gewebe · Verschiedenheit des physiologischen Prozesses bei der schnellen und bei der langsamen Überanstrengung · Selbstvergiftung und Selbstauszehrung · Gefahren übermäßiger Stoffwechselausgaben · Mangel des Gleichgewichts zwischen den Ausgaben und Einnahmen · Verarmung des Organismus durch das Übermaß der Arbeit · Atrophie und Degenereszenz der Muskeln · Die Waden der Läufer · Überanstrengung des Herzmuskels · Die Herzmuskelschwächung · Die nervösen Formen der Überanstrengung · Die Anämie der Nervenzentra und die Erschöpfung der Nervensubstanz · Die Epilepsie der Fußtouristen · Unsere Beobachtungen beim Bauer · Geisteserkrankung infolge von Sonnenstich · Einfluß der Erntezeit auf ihre Häufigkeit · Häufigkeit der Nervenkrankheiten bei überangestrengten Bäuerinnen

Eines Tages, als ich vor einer Schaubude von Ringkämpfern vorbeikam, frappierte mich das krankhafte Aussehen eines Mannes, der die Menge anschrie, indem er zugleich Kraftproben mit Kanonenkugeln und Hanteln ausübte. Es war ein großer ausgemergelter Bursche von hungrigem Aussehen, ermüdeten Zügen, mit langen und abgemagerten Gliedmaßen, der gleichwohl, nach der Leichtigkeit, mit der er seine Gewichte handhabte, zu schließen, mit sehr großer Muskelkraft begabt zu sein schien.

Die Bude bot einen traurigen Anblick und das Publikum, das sich hier zusammendrängte, war nichts weniger als gewählt; aber der Wunsch, diesen schwindsüchtigen Herkules an der Arbeit zu sehen, überwog mein gesellschaftliches Bedenken, und indem ich die schiefe Planke beschritt, die als Treppe diente, trat ich in die Bude ein.

Dort konnte ich den Mann ganz in der Nähe betrachten und konstatieren, daß seine Glieder ungeachtet der Kraft, von der seine Übungen Zeugnis lieferten, trocken und fleischlos waren.

Seine mageren Hüften, die beim sog,,,Savate-"Angriff Wunder verrichteten, füllten nicht mehr den Trikot aus, dessen Stoff in

zahllosen Falten schlotterte. Endlich, eine erloschene heisere Stimme, ein trockener Husten, alles dies ließ annehmen, daß der starke Mann eine sehr schwache Brust hatte.

Nach Schluß der Vorstellung war es mir leicht, in die Lebensweise dieses Menschen eingeweiht zu werden, der mir ein interessanter Gegenstand des Studiums zu sein schien. Von Jahrmarkt zu Jahrmarkt reisend verrichtete er eine übermäßige Arbeit, indem er täglich zehn Vorstellungen gab, bei denen es galt, einen oder zwei Gegner zu *werfen*, ohne die Gänge mit dem Fechterstock und im französischen Boxen und die Gewichtsübungen zu rechnen. In den Pausen zwischen den Vorstellungen leistete er die Parade mit den Haltern und den Kanonenkugeln vor der Bude.

Die Muskeln feierten fast nie und wurden doch nicht stärker, weit entfernt davon. Es ist wahr, daß seine Kost gewöhnlich nicht sehr nahrhaft war, und daß er nur an Tagen besonders guter Einnahmen sich ein gutes Mittagsessen leisten konnte. Als der Ringkämpfer zutraulicher wurde, sprach er schließlich mit mir über seine Gesundheit, und ich konnte bald feststellen, daß er tuberkulös war. In der Tat, kurze Zeit darauf erfuhr ich auch, daß er der Lungenschwindsucht unterlegen sei.

So enden sehr oft starke Männer, die, nachdem sie sich an die Arbeit gewöhnt und eine Trainierung durchgemacht haben, die ihnen erlaubt, ohne ein unbehagliches Gefühl der Ermüdung im Übermaß zu arbeiten, die Grenzen ihrer Kräfte überschreiten, und die ihre Verluste nicht durch eine substanzielle Nahrung wieder ersetzen.

Die Zureiter von Pferden haben ein sehr packendes Bild dafür, um ein Pferd zu bezeichnen, bei dem man die Trainierung zu weit getrieben hat: sie sagen, daß das Pferd „ausgebrannt“ ist. Dies Wort deutet an, daß die übermäßige Arbeit, die man ihm zugemutet hat, sich nicht darauf beschränkt hat, seine Reservegewebe, sein Fett und die anderen für die Bewegung nutzlosen Stoffe des Körpers zu verbrennen, sondern daß die Verbrennungen das Pferd selbst, sofern man es als eine Maschine betrachtet, und seine Muskelgewebe, die wesentlichen Organe der Bewegung angegriffen hat.

Ebenso war unser Jahrmarktsherkules durch übermäßige Muskelarbeit ausgebrannt. Er repräsentierte den Typ einer Erschöpfungsform, die sehr verschieden von der bislang beschriebenen ist, und die wir als organische Erschöpfung bezeichnen werden.

I

Die Form der Erschöpfung, die wir organische Erschöpfung nennen, ist ein chronischer Zustand der Ermüdung, indem der Organismus, anstatt schädliche Produkte zu absorbieren, wie bei der akuten Ermüdung oder dem Ermüdungsfieber, im Gegenteil sich seine nützlichen Stoffe und die zum Leben notwendigsten Gewebe aufzehrt.

Dieser Zustand stellt gewöhnlich die chronische Form der Ermüdung dar, er kann aber auch sehr schnell eintreten, wenn der Nahrungsmangel mit der Arbeit verknüpft ist. Er entsteht aus einem Gleichgewichtsmangel zwischen Einnahmen und Ausgaben.

Wenn man sich einer sehr anstrengenden Übung widmet und die Ernährung der Arbeit angepaßt ist, so ersetzt der Organismus seine Verluste; und da die Arbeit das Bestreben hat, die assimilierten Stoffe den Organen zuzuführen, die an ihr beteiligt sind, so sind es die Muskeln, denen der Zuwachs an Ernährung zugute kommt. Der Körper kräftigt sich. Wenn aber die Ernährung unzureichend ist, oder — was auf dasselbe hinauskommt — wenn die dem Magen zugeführte Nahrung nicht verdaut wird, so entsteht ein Mißverhältnis zwischen der Wärmeausgabe, deren die tierische Maschine bedarf, und der Menge von Brennstoff, die ihr von außen zugeführt wird. Nun ist aber keine Bewegung ohne Wärme möglich, und Wärme kann sich nicht erzeugen, ohne daß irgendwelche Stoffe verbrannt werden. So müssen denn bei Mangel hinreichender Ernährung, und wenn die Reservegewebe aufgebraucht sind, die für das Leben wichtigsten Organe die Kosten der Arbeitsverbrennungen selber bestreiten. — Ein Mensch, der wenig ißt, kann sich den Unglücklichen vergleichen, die, nachdem sie ihre Heizungsvorräte aufgebraucht haben, den Bedarf an Holzscheiten durch Zerstörung ihres Mobiliars ergänzen.

Es ist nicht immer ein Beruf, der eine große Muskelanstrengung erfordert, wodurch organische Erschöpfung herbeigeführt wird. Vielmehr ist es eine Beschäftigung, die eine große Zahl von Arbeitsstunden verlangt. In diesem Falle sind die Verbrennungen nicht sehr lebhaft, und die Abgänge, welche sie erzeugen, haben Zeit, sich auszuscheiden. Die Stoffwechselprodukte häufen sich nicht im Organismus an, es tritt keine Selbstvergiftung ein, aber es werden viele organische Stoffe verbrannt und der Organismus erleidet Verluste.

Es kann vorkommen, daß ein Mensch sich erschöpft, ohne die geringste Ermüdungsbeschwerde zu empfinden, und die unternommene Arbeit fortsetzen kann, obgleich er dabei sichtlich abmagert. Aber allemal, wenn der Organismus eines Teils seiner wesentlichsten Stoffe beraubt wird, verfällt er in einen Zustand „geringeren Widerstandes" und verteidigt sich nicht mehr gegen die zahlreichen Gefahren, die ihn von außen bedrohen. — Die Erschöpfung ist die Prädisposition par excellence für alle Krankheiten.

Nach unserer Meinung besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen der Überanstrengung durch Vergiftung und derjenigen durch Erschöpfung. Im ersteren Falle handelt es sich um einen Zustand der Infektion, der durch verschiedene Leiden, die das Subjekt treffen, beeinflußt werden kann, aber von selbst schwere Zufälle und sogar den Tod herbeizuführen vermag. Im zweiten Falle besteht ein Zustand verminderter Lebenskraft, der dem Organismus eine höhere Empfänglichkeit für Krankheiten verleiht, ohne jedoch von selbst eine Krankheit zu erzeugen.

Man nehme einen erschöpften Menschen, führe ihn in hygienische günstige Verhältnisse und schütze ihn vor jedem Ansteckungskeim, so wird er unvermeidlich mit Hülfe der Zeit die verlorenen Gewebe wiedergewinnen. Man gebe einem durch Gewaltmärsche erschöpften jungen Soldaten oder einem auf der Jagd abgehetzten Tiere alle Bedingungen der Ruhe, Ernährung und Gesundheitspflege, so wird es doch möglich sein, daß weder der eine noch das andere einer schweren Krankheit entgehen, und beide werden unterliegen können.

Die organische Erschöpfung ist der Zustand, in dem sich ein Mensch befindet, dessen Körper übermäßige Verluste erlitten hat. Er hat eine Ähnlichkeit mit allen Krankheitszuständen, die sich durch eine beträchtliche Verminderung der organischen Elemente des lebenden Körpers kennzeichnen. — Jeder erhebliche Abzug an Stoffen, die einen wesentlichen Teil des Organismus bilden, führt einen allgemeinen Zustand der Schwäche und Kraftlosigkeit mit sich.

Man kennt die Erschöpfung, die aus zu reichlichen Schweißabsonderungen infolge von übermäßiger Hitze oder irgendwelcher sonstiger schweißtreibender Mittel entspringt. Dieser Verlust ist eine hinlängliche Ursache von Schwächezuständen, um bei geschwächten Kranken, z. B. bei Schwindsüchtigen, die größte Aufmerksamkeit auf ihre Verhütung zu richten.

Eine noch wirksamere Ursache von Erschöpfung als der Schweiß ist die Diarrhöe: sie genügt bei gewissen Cholerinen, um in wenigen Tagen die kräftigsten Säuglinge dahinzuraffen, wenn es nicht gelingt, sie gleich beim ersten Anfall aufzuhalten. Die Cholerine der Erwachsenen zieht bei dem reißenden und übermäßigen Verlust, den sie hervorruft, ebenfalls schon in wenigen Stunden eine tiefe Erschlaffung nach sich. Alle Welt kennt die tiefe und anhaltende Erschöpfung, die aus großen Blutverlusten resultiert. Jeder Ausfluß schließlich, jeder Verlust infolge von übermäßiger Sekretion, verursacht eine Herabsetzung der Kraft und der Widerstandsfähigkeit des Subjekts und disponiert dieses für sämtliche Krankheitserreger, die es erreichen.

Man kann unter Hinweis auf diese Tatsache folgendes Axiom aufstellen:

In allen Fällen, in denen ein Mensch sich unter den normalen Bedingungen des Körperbaus befindet, bildet ein erheblicher Gewichtsverlust einen Beweis der Herabminderung der Widerstandskraft des Subjekts.

Der Organismus bedarf, um stark und widerstandsfähig zu sein, einer gewissen Masse von Elementen; nimmt man ihm solche auf der einen Seite, so muß man sie ihm auf der anderen Seite wieder zuführen, und was man bei der Trainierung einen Menschen oder ein Pferd an Fett ausgeben läßt, hat man ihm in

Form von Muskeln wieder zu ersetzen, falls man einen Zustand der Entkräftung vermeiden will, der seine Widerstandskraft herabmindert.

Warum der eines Teils seiner Elemente beraubte Organismus einem Zustande verminderter Widerstandskraft anheimfällt? Diese Frage ist schwer in wissenschaftlich befriedigender Weise zu beantworten. Man kann sagen, daß die verschiedenen Elemente des Körpers sich gegenseitige Unterstützung leisten und daß jedes von ihnen im Kampfe ums Dasein seinen Beistand bei der gemeinsamen Verteidigung leisten muß.

Die wesentlichsten Bestandteile des Blutes sind die Blutkügelchen. Wenn diese Bestandteile abnehmen, so hat das einen Zustand verminderter Widerstandskraft für den Gesamtorganismus zur Folge. Man legt der Zahl dieser Kügelchen, wenn man die Ernstlichkeit des Zustandes eines Patienten beurteilen will, eine solche Bedeutung bei, daß man Apparate erdacht hat, um sie zu zählen. Es ist keineswegs absurd, den Elementen, die die Muskelfaser zusammensetzen, oder den Elementen der Nerven dieselbe Bedeutung für die Widerstandskraft des Organismus beizulegen, wie den Blutkörperchen.

Mag die Theorie auch noch so unzulänglich sein, so wollen wir doch die Tatsache festhalten und ins Licht zu setzen versuchen. Bemühen wir uns vor allem, die praktische Bedeutung der genauen Kenntnis des Erschöpfungszustandes und der Bedingungen, unter denen er eintritt, klarzustellen.

II

Die Erschöpfung infolge von Muskelarbeit macht sich im allgemeinen im ganzen Organismus fühlbar und sämtliche Funktionen, alle Organe scheinen ihren Einfluß zu verspüren. Das auffälligste Symptom dieser Form der Überanstrengung ist ein allgemeiner Mattigkeitszustand in den Funktionen und Erschlaffung der Kräfte, ein Zustand der Adynamie. Man kann bei einem erschöpften Menschen beobachten: Blutarmut, Nervenschwäche, Verdauungsstörungen, Muskelschwäche usw.

Manchmal scheinen sich die Störungen in gewissen Organen oder in gewissen organischen Systemen zu lokalisieren, je nach

der Form der Arbeit, welche die Erschöpfung herbeigeführt hat, und nach den akzessorischen Bedingungen, unter denen die Arbeit sich bei bestimmten Subjekten vollzog.

Was sich dem Beobachter bei einem durch Muskelarbeit erschöpften Menschen aufdrängt, ist die Verminderung des Volumens der Muskeln, die in Übermaß gearbeitet haben. Der Mensch, der sich durch Arbeit erschöpft, verbrennt sein Muskelgewebe, und man sieht somit zwei entgegengesetzte Ursachen dieselbe Wirkung nach sich ziehen. Der Muskel zehrt sich ab durch Untätigkeit; er zehrt sich auch ab durch Übermaß der Arbeit, während hingegen eine mäßige Arbeit, begleitet von hinreichender Nahrungsaufnahme, sein Volumen und seine Kraft vermehrt.

Die Erschöpfung kann sich in den verschiedensten inneren Organen bemerklich machen und vor allem im Herzen. Das Herz, in seiner Eigenschaft als Muskel, müßte sich unter dem Einfluß der Muskelarbeit überernähren; denn es gibt keinen Zuwachs an Übung ohne vermehrte Tätigkeit des Herzmuskels.

In der Tat stellt sich häufig Hypertrophie dieses Organs im wahren Sinne des Wortes ein, d. h. dasselbe wird dick, schwer, zeigt widerstandsfähigere Wände, die fähig sind, dem Blute einen stärkeren Antrieb zu geben. Man hat wahre oder konzentrische Hypertrophie des Herzens bei vielen Athleten und Turnlehrern konstatiert. Man hat sie auch bei Rennpferden konstatiert, und bekanntlich wog das Herz des berühmten Pferdes Eclipse drei bis viermal mehr, als ein gewöhnliches Pferdeherz. Aber für das Herz, wie für alle andern Muskeln, zieht das Übermaß der Übung den Verbrauch und die Entartung der Fasern nach sich, vermindert die Widerstandskraft des Organs, und indem es zugleich eine Erweiterung der Höhlungen herbeiführt, verursacht es eine Schwächung ihrer Wände und Herabminderung der Kraft ihrer Fasern.

Diesen Zustand bemerkt man oft bei Leuten, welche einen Sport übertrieben haben, der eine Überanstrengung des Herzens mit sich führen kann — z. B. der Dauerlauf —. Die Läufer von Profession, die man in Afrika oft kaum glaubliche Strecken zurücklegen sieht, enden fast alle an einer passiven

Herzerweiterung, die das Ergebnis einer Erschöpfung des Organs ist. Man setzt sie gewöhnlich im Alter von 40 Jahren in den Ruhestand, und sie bieten dann schwere Gesundheitsstörungen dar, die durch Herzaffektionen veranlaßt sind.

Manchmal offenbart sich die Erschöpfung hauptsächlich durch ihren Einfluß auf das Zentralnervensystem, und der erschöpfte Mensch verfällt einer Nervenkrankheit.

Die *nervöse Erschöpfung* ist ein Zustand, den man unter verschiedenen Namen zu allen Zeiten beobachtet hat, dem man aber niemals häufiger als heutzutage auf Schritt und Tritt begegnet. Er ist ebenso oft die Wirkung geistiger wie physischer Überanstrengung und ist auch oft das Ergebnis von einem Übermaß in Vergnügungen, die es keineswegs ausschließen, schweren Verdruß und Sorgen aller Art zu begleiten. Alle physischen und moralischen Ursachen, die ein übertriebenes Funktionieren der Nervenzentra bedingen, können einen Ermüdungszustand herbeiführen, der demjenigen, den man bei den Muskeln nach übermäßiger Arbeit derselben beobachtet, analog ist.

Wir werden weiter unten zeigen, wie gewisse körperliche Übungen energisch die Nervenzentra bei der Muskelarbeit in Mitleidenschaft ziehen. Wenn man diese Übungen übertreibt, so können sie den übermäßigen Verlust gewisser Elemente der Nervenfasern oder der Nervenzelle nach sich ziehen. Es erfordert eine wahrhaft geistige Tätigkeit, um das Spiel der Muskeln bei allen sogenannten Präzisionsübungen in Einklang zu bringen, abzuwägen und abzumessen. Auch ist die Erschöpfung der neuropathischen Form viel mehr das Resultat dieser Übungen, als der groben Arbeiten, die nichts als einen maschinenmäßigen Aufwand der Körperkräfte erfordern. Daher der Vorzug aller Bewegungen, die keine Anpassung, keinerlei Unterricht erfordern, wenn es sich um Patienten handelt, deren Nervenzentra durch geistige Arbeit überangestrengt sind.

Welches aber auch die angewandte Übung sei, sie kann in allen Fällen auch eine nervöse Erschöpfung zur Folge haben; denn die Nervensubstanz ist verpflichtet, ins Spiel zu treten, um die Kontraktionen der Muskeln hervorzurufen, und in dem Falle, wo das Gehirn nicht erforderlich ist, um die Bewegungen

hervorzurufen — z. B. bei den automatischen Bewegungen — ist es das Rückenmark, das ins Spiel tritt, und auch dieses kann im Fall des Übermaßes der Arbeit die Wirkungen der Erschöpfung empfinden. So hat sich das Auftreten der Epilepsie infolge von zu andauernden Märschen gezeigt und man hat mehrere Beobachtungen mitgeteilt, bei denen Zufälle von konvulsiver Form die Folge von in sehr kurzer Zeit zurückgelegten Entfernungen gewesen sind.

Aber die nervöse Erschöpfung kann sich auch auf eine mehr indirekte Weise als Folge von Überanstrengungen einstellen. Das Übermaß der Arbeit kann eine Verarmung des Blutes nach sich ziehen, einen Zustand von Anämie, der, wenn er den ganzen Organismus erfaßt, gleichwohl seine Wirkungen speziell auf die Nervenzentra der prädisponierten Patienten äußern wird.

Die Psychiater haben schon längst die Erschöpfung und Blutarmut der Nervenzentra als eine häufige Ursache gewisser Formen der Melancholie erkannt. Wir sind unsererseits in der Lage gewesen, zu konstatieren, daß physische Überanstrengung, indem sie die Konstitution schwächt, sehr oft in gewisse sehr bemerkenswerte Störungen der Hirntätigkeit ausläuft. Im Verlaufe einer ärztlichen Praxis von elf Jahren auf dem platten Lande ist mir die beträchtliche Anzahl von geistigen Erkrankungen aufgefallen, die sich gerade in gewissen Perioden der Jahresarbeit wiederholen, vor allem aber, daß die Kranken sämtlich den Typ einer melancholischen Geistesstörung zeigten. Im allgemeinen waren diese Kranken ziemlich schnell heilbar, und ihre geistige Störung verlief in zwei bis drei Monaten, ohne daß es nötig wurde, sie in eine Anstalt zu schicken. Nachdem ich lange Zeit in diesen Fällen nichts anderes gesehen hatte, als sogenannte Reihen, einfache Koinzidenzen, begriff ich schließlich doch, daß hier ein ursächlicher Zusammenhang gegeben war. Es handelte sich um Fälle von Erschöpfung infolge von übermäßigen körperlichen Anstrengungen.

Der Beginn des Herbstes war immer die Zeit, in der wir diese Fälle vorübergehender Geistesstörung beobachteten, und gerade in dieser Zeit nehmen die großen Erntearbeiten ihr Ende. Wer das Leben der Bauern kennt, weiß, daß die Erntezeit eine Periode der Überanstrengung ist. In gewöhnlichen Zeiten braucht un-

sere Landbevölkerung keinen großen Aufwand an Muskelkräften zu leisten. Sie ist immer auf den Beinen, immer dem schlechten Wetter ausgesetzt, immer mit Arbeiten in freier Luft beschäftigt, die sie abhärten; aber diese Arbeiten fordern weder Eile noch große Muskelkraft. Vom Ende Juni ab aber beginnt eine Periode, während welcher der Bauer mäht und sichelt, sich beeilt aus Furcht vor Regen, schwere Korngarben oder enorme Heulasten mit den Armen schleppt. Der Landmann unterzieht sich dann einer wahren Gymnastik unter reichlicher Schweißabgabe; denn sie findet unter brennender Sonne statt. Er ersetzt seine Kräfte nicht durch den Schlaf; denn er erhebt sich in aller Frühe; er ist schlecht gebettet und von Parasiten aller Art gequält, überdies schlecht genährt; anstatt sich täglich ein substantielles Mittagessen zu gönnen, zieht unser Bauer den sogenannten „Wolfsfraß" vor, und wenn er auch alle Tage ein wenig Wein zu sich nimmt, so wahrt er sich doch seine Ersparnisse lieber für zwei oder drei große Schmausereien auf bei Festlichkeiten, wo er sich dann bis zur Verdauungsstörung überfüllt.

Übermäßige Arbeit, übermäßige Schweißabsonderung, unzulänglicher Schlaf und ungenügende Ernährung, das sind die Einflüsse, denen der Bauer in jedem Sommer sich aussetzt. Aus diesen Anstrengungen entstehen gewöhnlich nicht die Fieberanfälle, die wir bei Leuten gekennzeichnet haben, die ohne vorgängige Einübung die Arbeit übertreiben, weil die Bauern, da sie unaufhörlich arbeiten, immer sozusagen im „Training" sind.

Die Ernte, welche sie erschöpft, erzeugt bei ihnen nicht jene Vergiftung durch Abfälle, die man bei Leuten beobachtet, die von der Untätigkeit zu schwerer Arbeit übergehen. Der Landmann ist sozusagen ausgetrocknet durch die tägliche Arbeit und eine unzulängliche Ernährung, er besitzt auch nicht das geringste Stückchen solcher Luxusgewebe, die man Reservegewebe nennt; so setzt sich denn die Überanstrengung bei ihm nicht in eine Vergiftung des Organismus und Ansteckungsfieber in der Form des Typhus um, sondern in einen Erschöpfungszustand, der die verschiedensten Schattierungen zeigt, unter welchen die nervösen Formen eine große Rolle spielen.

Infolge eines weit verbreiteten Irrtums hört man oft behaupten,

daß die Landarbeit den Landmann vor den in den Städten so häufigen Nervenkrankheiten sicherstelle. Die öffentliche Meinung steht in diesem Punkte im Banne der Ideen eines J. J. Rousseau und anderer Gesundheitslehrer aus der Schulstube, die behaupteten, daß bei körperlicher Tätigkeit, frischer Luft und *reinen Sitten* keine Krankheit mehr möglich sein würde. Es genügt, die Augen zu öffnen, um sich zu vergewissern, daß diese vorgefaßten Ideen weit entfernt sind, mit den Tatsachen übereinzustimmen.

Die Bauernfrauen bilden ganz bevorzugte Subjekte, um die Erschöpfung zu studieren. Auch sie arbeiten wie die Männer, schwitzen stark, schlafen schlecht und sind schlecht genährt. Dazu kommt nun noch, daß sie die Pflege und das Säugen ihrer gewöhnlich sehr zahlreichen Kinder besorgen müssen. Das Leben einer jungen Familienmutter in einem Bauernhause ist ein Leben unaufhörlicher Überanstrengung. Auch hätten die Frauen der Städte sehr Unrecht, zu denken, sie besäßen das Monopol der Nervenkrankheiten. Es gibt ebenso viele Nervenkranke auf dem Lande wie in der Stadt, aber die ländlichen Nervenkranken führen gemeinhin eine wenig Aufsehen machende Existenz. Diese Mäßigung in den Symptomen beruht einfach darauf, daß die Kranken keine Zeit haben, zu jammern, und daß ihre Umgebung keine Zeit hat, sie zu beklagen. Sie leiden nicht weniger, aber sie setzen eine Hemmschraube auf ihren Schmerz aus Angst vor ihrem Ehemann, der sonst die Faust darauf setzen würde. Aber die Neuralgien, die Gastralgien, die Schwindelanfälle und die Neurosen aller Art bilden den Grund der Krankheiten der durch Arbeit erschöpften Bäuerin. Was die Hysterie betrifft, deren vollständige Erscheinungen in der Form von Krisen allerdings seltener sind als in der Stadt, so liegt dies an moralischen Ursachen, die ich nur oberflächlich berühren will. Für die Dame von Welt ist das „Nervös sein" ein Patent der Auszeichnung, „Krisen haben" gilt oft als Mittel, ihre Umgebung lebhaft zu interessieren. Auf dem Lande ist Nervenkrise gleichbedeutend mit Epilepsie.

Der heilsame Schrecken aber, den man vor dem *großen Übel* (haut mal) auf dem Lande hat, ist ein mächtiges Präservativ gegen die krampfhaften Bewegungen und Zuckungen des hysterischen Anfalls, bei dem die Moral eine so große Rolle spielt.

Wir haben die hauptsächlichsten physiologischen Fakta, welche die Arbeit begleiten, Revue passieren lassen, sowie auch die Modifikationen des Organismus, die aus der Muskeltätigkeit entspringen. Wir können sie jetzt kurz zusammenfassen und die Schlüsse aufstellen, die sich aus ihnen ziehen lassen.

Indem wir den Muskelakt bei seinem Anfangspunkt, bei der Zusammenziehung des Muskels ins Auge fassen und ihn bis zu seinem entferntesten Wirkungspunkt, den die nachträgliche Ermüdung oder das Muskelfieber bildet, und bis zu den schwersten pathologischen Wirkungen, bis zur Überanstrengung und organischen Erschöpfung, studieren, werden wir ein vollständiges Bild des gesamten Ermüdungstatbestandes liefern und eine rationelle Theorie der Ermüdung formulieren können.

X. THEORIE DER ERMÜDUNG

Die Ermüdung ist ein Regulator der Arbeit · Organische Bedingungen, welche das Eintreten der Ermüdungsempfindung beschleunigen: Schwäche der Organe, Überschuß der Reservegewebe · Aufeinanderfolge und Verkettung der Tatsachen der Ermüdung · Lokale und allgemeine Ermüdung; unmittelbare und nachfolgende Ermüdung · Die verschiedenen „Prozesse" der Ermüdung: 1. Traumatische Wirkungen der Arbeit auf die Bewegungsorgane · 2. Selbstvergiftung durch Stoffwechselprodukte · 3. Organische Erschöpfung durch Selbstverzehrung · 4. Dynamische Erschöpfung durch Ausgabe der disponiblen Kraft der Muskel- und Nervenelemente · Unzulänglichkeit der herrschenden physiologischen Begriffe zur Erklärung des Ermüdungstatbestandes

Die Ermüdung ist die Folge der materiellen Tätigkeit, welche die Arbeit auf die Bewegungsorgane und die großen an der Übung beteiligten organischen Systeme ausübt.

Die Empfindung, welche infolge übermäßiger Muskelarbeit im Individuum entsteht, ist ein wahrer Regulator der Arbeit, der mit um so größerer Empfindlichkeit funktioniert, je mehr Gefahr die Ausschreitung in der Tätigkeit für den Organismus enthält.

Bei einem sehr geschwächten Menschen ist die Ermüdungsempfindung sehr schmerzlich: dies kommt daher, weil einem sehr schwachen Körper die Organe, da sie wenig Widerstandskraft haben, sehr leicht den Schädigungen der Arbeit ausgesetzt werden können. Bei einem Menschen von untätiger Lebensweise, dessen Organismus mit Reservegeweben überlastet ist, tritt bei der geringsten Arbeit die Ermüdung sehr schnell ein. Dies kommt daher, weil die anstrengende Übung infolge der überschüssigen Reservegewebe, die sein Organismus einschließt, bei ihm sehr schnell die Steifigkeit und die Überanstrengung herbeiführen würde.

Ein Überblick über den Tatbestand der Arbeit und der Ermüdung läßt uns leicht einsehen, daß der eine von dem andern abzuleiten ist, und es ist nicht schwer, den Kausalzusammenhang, der zwischen beiden besteht, zu erkennen.

Wenn der Muskel sich gewaltsam zusammenzieht, so entstehen in allen empfindlichen Teilen der Gegend, wo die Arbeit ihren Sitz hat, Erschütterungen und Reibungen, die einen Schmerz verursachen. Außerdem ergibt sich für den Muskel infolge seiner Arbeit ein Stoffwechselprozeß, der giftige organische Substanzen erzeugt, und die Anwesenheit dieser Verbrennungsprodukte ist die Ursache der lokalen Ohnmachtsempfindung, die man in dem Muskel verspürt, der gearbeitet hat.

Aber der ganze Organismus wird bei der Arbeit eines einzigen Muskels in Mitleidenschaft gezogen. Infolge der Muskelanspannung wird der Blutlauf beschleunigt und das Herz gezwungen, seine Bewegungen zu verstärken. Die Lunge nimmt mehr Blut auf, als im gewöhnlichen Zustande, und überfüllt sich; die Atmungsbewegungen nehmen an Häufigkeit zu. Jetzt tritt eine neue Ursache des Unbehagens ein, die Sättigung des Bluts mit Kohlensäure, eine Folge der Verbrennungen durch Arbeit. Ein allgemeines Unwohlsein des Organismus ist das Ergebnis dieser vorübergehenden Vergiftung, gegen welche die Lunge sich bemüht, anzukämpfen, um das schädliche Gas zu vertreiben: die Atemlosigkeit tritt ein.

Zu den Atembeschwerden treten die unangenehmen Empfindungen der Erhitzung des Bluts und des Eindrucks, den das überhitzte Blut auf die Nervenzentra macht, und so ist das Bild der allgemeinen Ermüdung, welche der Übung nachfolgt, vollständig.

Aber sobald die Arbeit unterbrochen wird, beruhigen sich die funktionellen Störungen des Herzens und der Lunge, infolge des Nachlassens der vermehrten Blutzufuhr. Gleichzeitig vermindert sich die Kohlensäureproduktion, die schon gebildete Kohlensäure wird schnell ausgeschieden, die Temperatur des Blutes sinkt infolge von Ausstrahlung und Ausdünstung vermittels des Schweißes, der den Körper berieselt.

Jetzt müßte alles wieder in Ordnung sein, und dennoch findet sich der Organismus, wenn die Wirkung sehr weit getrieben ist, ungeachtet der Muskelruhe noch einem fortdauernden Unbehagen unterworfen, das man als *nachfolgende Müdigkeit* bezeichnet. Die Glieder, welche gearbeitet haben, behalten noch einen ge-

wissen Grad von Schmerzempfindung, der mit der Ruhe nicht vollständig verschwindet, weil die Muskeln unter dem Einfluß der Arbeit tatsächliche mechanische Verletzungen erlitten haben: Zerrungen, kleine Fasernzerreißungen, Reibungen der Gelenkhäute, Quetschungen der Gelenke.

Aber andere schmerzhafte Empfindungen entwickeln sich außerdem, die man durch keine mechanische Ursache erklären kann: das Fieber, das allgemeine Unwohlsein, das Gefühl der Schwäche und Zerschlagenheit, Symptome, die anzeigen, daß der Organismus unter der Einwirkung eines giftigen Stoffes steht. Diese Zustände werden verursacht durch den Eintritt der Stoffwechselprodukte, welche die Muskeln durchdringen, in das Blut; der Blutsstrom säubert nämlich allmählich die Muskelfaser von diesen, um sie der Niere zuzuführen, deren Aufgabe es ist, sie nach außen abzuführen. Die Reinigung der Muskelmaschine durch das Blut dauert um so länger, je reichlicher die Schlacken sind, welche die Übung hinterlassen hat.

Während der ganzen Zeit, die zwischen der Erzeugung dieser Abfälle und ihrer Ausscheidung durch den Urin verfließt, befindet sich der Organismus unter dem Einfluß einer wirklichen Vergiftung: daher das Muskelfieber und die Verschlechterung des Gemeingefühls. Die stickstoffhaltigen Abgänge, aus denen das Muskelfieber stammt, lösen sich langsam aus den Muskeln und verschwinden langsam durch den Filter der Niere. Während der ganzen Zeit, die ihrer Ausscheidung vorhergeht, steht der Organismus unter ihrem Einfluß und kämpft gegen denselben an.

So erklärt sich das späte Auftreten der nachfolgenden Müdigkeit und ihre Fortdauer, nachdem die Arbeit längst aufgehört hat.

Endlich, wenn die Abgänge zu reichhaltig oder der Organismus zu wenig widerstandsfähig ist, sieht man diese schädlichen Stoffe vermittels eines noch unbekannten Prozesses zur Erzeugung anderer ähnlicher Stoffe Anlaß geben, die sich dann im Blute während einer großen Zahl von Tagen wieder erneuern und die schweren Erschöpfungsfieber hervorrufen.

Wir sind also berechtigt zu behaupten, daß der Ausgangs-

punkt aller allgemeinen Ermüdungssymptome eine Vergiftung des Organismus durch seine eigenen Stoffwechselprodukte ist. Alle Phasen der allgemeinen Müdigkeit vom geringsten Unbehagen an, das eine momentane Muskelschwäche mit sich führt, bis zur äußersten Atemnot bei den Geschöpfen, die zusammenbrechen, und zum Erschöpfungsfieber, das dem Typhus gleicht, werden durch mehr oder weniger wirksame und kürzere oder längere Zeit im Blute verweilende Giftstoffe verursacht.

Aber die Ernährungsstörungen, welche die Folgen der Arbeit bilden, lassen sich nicht sämtlich durch die Selbstvergiftung des Körpers erklären. In gewissen Formen der Erschöpfung sieht man die Ernährungsbewegung vonstatten gehen auf Kosten der wesentlichsten Gewebe des Leibes. Wenn die Reservegewebe erschöpft sind, so werden die Gewebe, welche den Bau der Organe bilden, selber angegriffen, und der Körper, anstatt sich schädliche Stoffe zu assimilieren, wie dies in den anderen Erschöpfungformen geschieht, beraubt sich im Gegenteil organischer Elemente, die unentbehrlich sind für das Gleichgewicht der Gesundheit, — in diesem Falle handelt es sich nicht mehr um Selbstvergiftung, sondern um eine Selbstauszehrung (Autophagie).

I

Unter den Ermüdungstatsachen gibt es eine ganze Reihe, deren methodische Klassifikation bislang unmöglich erscheint, weil sie zu ungenügend erforscht sind. Man kann sie weder unter die mechanischen Tatsachen, wie z. B. unter die Schädigungen der Muskeln, noch unter die Ernährungsstörungen, wie z. B. die Vergiftungen durch Abfälle und die Erschöpfung infolge von Verminderung der organischen Gewebemasse, einreihen. Wir werden sie als *dynamische* Tatsachen der Ermüdung bezeichnen, weil sie sich lediglich durch einen Kraftverlust offenbaren ohne daß irgendeine Verletzung, irgendeine chemische Veränderung in den Organen konstatiert werden kann. So in folgendem Beispiel: Drücken wir einen Handkraftmesser zu wiederholten Malen mit all unseren Kräften zusammen, derart, daß unsere Pressungen mit großer Schnelligkeit aufeinanderfolgen, so werden wir bemerken, daß, wenn der erste Versuch einen Ausschlag der Nadel

des Apparats bis zur Ziffer 50 zeigte, z. B. die folgenden es nur noch zur Ziffer 45 bringen; dann wird bei jedem neuen Versuch der Kraftmesser eine weitere Minderung des Druckes anzeigen, so daß die Anstrengungen nach Ablauf einer gewissen Zeit die Nadel kaum zu irgendwelchem Ausschlag zwingen. Hier dürfte sich die Ermüdung der Hand nicht etwa durch eine mehr oder weniger tiefe Störung der Ernährung der Muskeln erklären lassen; denn sie verschwindet zu schnell; fünf Minuten Ruhe genügen, um den Muskeln ihre Anfangsstärke wieder zu geben; man kann hier nur von einer dynamischen Wirkung reden. Die Hand war momentan kraftlos geworden infolge übermäßiger Verausgabung der Energie, die in der Muskelfaser oder in dem Nervenelement, das diese Faser belebt, enthalten war.

Man spricht von *Erschöpfung* eines Organs, wenn dieses momentan seine besondere Energie verloren hat; aber man darf diese *dynamische Erschöpfung* nicht mit der organischen Erschöpfung verwechseln, deren Wesen wir dargestellt haben, und die sich durch Verminderung gewisser anatomischer Elemente kennzeichnet. In der erschöpften Nervensubstanz sieht man nicht die Masse der materiellen Moleküle sich vermindern, sondern lediglich die Schwächung der besonderen Energie, mit der diese Moleküle ausgestattet sind.

Wird man in den erschöpften Nerven eine bislang unbekannte Ernährungsstörung entdecken? Alles führt dahin, dies anzunehmen, da man weiß, das die Nervensubstanz sich erhitzt und überfüllt, wenn sie in Tätigkeit ist. Ihre Arbeit ist denselben physiologischen Bedingungen unterworfen, wie der Muskel, und ihre Ermüdung muß denselben Gesetzen unterstehen. Aber bei Muskeln selbst hat man eine Erschöpfung der Muskelspannkraft konstatieren können, die in gewissen Fällen auf einer ähnlichen Ausgabe der Energie der Faser zu beruhen scheint, unabhängig von jeglicher Vergiftung durch Stoffwechselprodukte und jeglichem materiellen Verlust im Organ. Man kann es nicht ablehnen, unter die Ermüdungstatsachen auch eine Reihe von Erscheinungen aufzunehmen, die einem bloßen Energieverlust infolge der Tätigkeit des arbeitenden Elementes zuzuschreiben sind. Man muß eine wenigstens provisorische Kategorie dieser

Tatsachen unter dem Titel „dynamische Ermüdung“ machen und zugeben, daß diese Form der Ermüdung in den Nerven und den Nervenzentren auf einer zu großen Kraftausgabe beruht, die man in Ermangelung eines besseren Wortes den *Nervenstrom* nennen mag.

Der Nervenstrom ist ebenso wie die Wärme bei der Elektrizität das Resultat des Freiwerdens einer Kraft, die dem Vermögen nach oder im latenten Zustande in den Molekülen der Nervensubstanz vorhanden ist, aus der sie sich unter gewissen Umständen entwickelt. Eine glühende Eisenstange, die man ins Wasser taucht, kühlt sich ab durch den Verlust der Wärme, die ihr durch die kalte Flüssigkeit entzogen wird. Ein Nerv, den man erregt, um einen Muskel zur Kontraktion zu bringen, scheint durch seine Uebertragungsarbeit in ähnlicher Weise eines gewissen Quantums seiner Energie beraubt zu werden, und ebenso wie das rotglühende Eisen nur über eine bestimmte Quantität freier Wärme verfügt, scheint auch der ausgeruhte Nerv nur eine bestimmte Menge von Nervenstrom zu besitzen, der durch die Arbeit verausgabt wird. Bis hierher scheint die Analogie ausreichend zu sein; sie läßt uns im Stich, wenn man bedenkt, daß die Wärme, die das abgekühlte Eisen verliert, sich nicht von selbst wiedererzeugt, während der Nerv sich selbst überlassen seine Energie, seinen Nervenstrom durch die bloße Tatsache des Zeitverlaufs wieder erlangt. Der Vorrat der Kraft erneuert sich, ohne daß es einer anderen Bedingung bedarf, als derjenigen, daß ihre Ausgabe einen Augenblick eingestellt wird. Man denke sich einen Wasserbehälter von großem Umfang, in dem sich das Wasser durch ein Zuleitungsrohr mit sehr knapper Abgabe ansammelt. Man öffne den Behälter und benutze das Wasser, das ihn füllt, um eine Turbine zu treiben; nach Verlauf einer gewissen Zeit wird der Wasservorrat erschöpft, und die Turbine dreht sich nicht mehr. Doch hört der Zustrom des Wassers nicht auf, und wenn man den Behälter schließt, wird sich allmählich wieder eine hinreichende Wassermasse angesammelt haben, um das Rad treiben zu können. Dies ist in Ermangelung einer besseren Erklärung ein Gleichnis, dessen ich mich bedienen möchte, um die Vorgänge begreiflich zu machen.

Wir haben uns bemüht, dem Leser eine möglichst klare und vollständige Theorie der Ermüdung zu liefern; man wird uns die Lücken und Unvollkommenheiten dieses Kapitels zugute halten müssen in Anbetracht ihrer Neuheit. Bislang hat noch kein Autor alle Tatsachen, welche die Folge der Arbeit sein können, in dieser Reihe methodisch gruppiert und ihre Gesetze zu bestimmen versucht.

Die Erscheinungen der Ermüdung sind entweder lokal oder allgemein, unmittelbar oder nachfolgend. Versuchen wir die physiologischen Gesetze, nach denen sie sich entwickeln, zusammenzustellen, so werden wir sehen, daß sie sich unter vier Reihen von Ursachen verteilen:

1. Materielle Schädigung der Bewegungsorgane.
2. Selbstvergiftung durch Arbeitsabfälle.
3. Übermäßiger Verbrauch lebender Gewebe.
4. Dynamische Erschöpfung der motorischen Elemente.

XI. DIE RUHE

Die Wiederherstellung der Bewegungsmaschine · Die Reinigung der Organe; die Ausscheidung der Verbrennungsabfälle · Minderung der Verbrennungen während der Ruhe · Sinken der Temperatur und Verlangsamung der Lebensfunktionen während des Schlafes · Die Länge der Ruhezeit muß verschieden sein je nach der Form der Ermüdung · Abkürzung der notwendigen Ruhezeit, um die Atembeschwerden zu beseitigen · Tunisische Läufer · Verschiedenheit der Schnelligkeit der Ausscheidung bei den verschiedenen Stoffwechselprodukten · Dynamische Wirkungen der Ruhe; sie sind noch unerklärlich · Einfluß häufiger Ruhepausen auf die Erhaltung der Kraft · Die englischen Boxer

Eine Dampfmaschine arbeitet, wenn keine Betriebsstörung eintritt, solange als man den Kessel heizt.

Im menschlichen Körper wird trotz der reichlichsten Ernährung die Muskelbewegung nach Ablauf einer gewissen Arbeitszeit unmöglich, und die Arbeit muß notwendig unterbrochen werden: der Organismus hat Ruhe nötig. Die menschliche Maschine kann nicht unausgesetzt arbeiten. Aber diese scheinbare Unvollkommenheit ist in Wirklichkeit ein sehr großer Vorzug vor der industriellen Maschine. Das Ruhebedürfnis entspringt aus der Fähigkeit des lebendigen Organismus, sich selbst wieder herzustellen.

Die Maschine nutzt sich durch ihre Arbeit langsam, aber unvermeidlich ab. Je mehr sie benutzt wird, um so weniger wird sie ihre Gebrauchsfähigkeit behalten. Man kann die Arbeitssumme, welche dieser oder jener Apparat bis zu seiner Abnützung zu leisten vermag, in Kilogrammetern voraus berechnen. Eine Kanone muß nach einer bestimmten Anzahl von Schüssen außer Dienst gestellt werden. Je länger eine Maschine arbeitet, um so mehr nutzt sie sich ab und verliert ihre Gebrauchsfähigkeit. Umgekehrt wird der lebende Körper, je mehr er arbeitet, um so widerstandsfähiger und leistungsfähiger. Es ist ein Gesetz der Lebenstätigkeit, daß die Funktion das Organ kräftigt, während das Funktionieren einer Maschine deren Räderwerk abnutzt.

Die Organe des menschlichen Körpers stellen die Verluste, die sie durch die Arbeit erleiden, wieder her und kompensieren sie durch neue Erwerbungen; nun ist es ein Lebensgesetz, daß die Arbeitsverluste sich nicht während der Arbeit selbst, sondern nur nach dem Aufhören der Arbeit wieder herstellen.

Die Ruhe ist also eine für die Organe zur Wiederherstellung der durch die Arbeit von ihnen erlittenen Verluste notwendige Zeitperiode.

Welches ist die Natur der Vorgänge, durch welche die Organe nach einer Periode ihrer Tätigkeit sich wieder in Stand setzen? Diese Vorgänge sind zahlreich und kompliziert und nur zum Teil bekannt, der Mehrzahl nach noch unaufgeklärt.

Die Wiederherstellung der Organe ist genau gesprochen eine vollständige Erneuerung dieser Organe. Ein Muskel, der arbeitet, hat Abgänge, d. h. er entäußert sich gewisser Gewebsteilchen, die sich vom Organe ablösen und nach außen gefegt werden. An ihre Stelle führt das Blut, das der Muskel gerade durch seine Zusammenziehung reichlich an sich zieht, neues Material, das sich dort festsetzt und den ausgeschiedenen Stoff ergänzt. In jedem Augenblick löst sich ein neues Teilchen ab und wird durch ein Molekül neuer Bildung ersetzt. Daraus ergibt sich, daß sich schließlich der ganze Muskel erneuert, und daß die Ernährungsvorgänge somit die Arbeitswerkzeuge wieder neu schaffen. So ist der Körper eine Maschine, deren Räderwerk sich beständig von selbst erneuert, und der einer unausgesetzten Wiederherstellung bedarf. Diese Wiederherstellung ist der Grund, warum der Körper sich durch die Arbeit nicht abnutzt.

Der Blutstrom, der durch den Muskel strömt, unterwirft diesen einer richtigen Waschung, indem er die Verbrennungsabfälle, die aus der Arbeit entstehen, fortspült. Diese Waschung erfordert ziemlich geraume Zeit, da nach unseren Beobachtungen oft 12, ja selbst 24 Stunden zur Ausscheidung der Abfälle durch den Urin nötig sind. Während dieser Zeit schleppen die aufeinanderfolgenden Blutwellen die verbrauchten Moleküle der Abfälle fort und führen den Muskeln gleichzeitig die zu ihrem Ersatze notwendigen Stickstoffmengen wieder zu.

Es ist leicht zu begreifen, daß diese Tätigkeit sich nicht regel-

mäßig vollziehen kann, ohne daß die Arbeit selbst eingestellt wird; denn die ständige Bildung neuer Abfälle während der Arbeit hebt das Ergebnis der Reinigung durch den Blutstrom wieder auf. Die Stoffe zur Neubildung können sich nicht an den mit Trümmern belasteten Geweben festsetzen; letztere spielen die Rolle von Fremdkörpern, die erst ihre Beseitigung abwarten, und der Muskel kann sich, solange sie noch im Wege stehen, nicht erneuern.

Der Nachteil einer ungenügenden Erholung wird also bestehen einerseits in der Anhäufung von abgenutzten Verbrennungsstoffen und andererseits in mangelnder Wiederherstellung wegen unzulänglicher Ernährung der Arbeitsorgane.

So kommt es, daß die Selbstansteckung durch Arbeitsabfälle, eine Folge der Überbürdung, sich bei Individuen einstellt, die sich zu ausdauernden Arbeiten unterziehen müssen, die durch zu seltene oder zu kurze Ruhepausen unterbrochen wird. Ebenso führt unzulängliche Erholung zur Erschöpfung und Verminderung des Volumens der durch die Arbeit verbrannten Gewebe. Mag die Nahrung auch noch so reichlich sein, so kann doch eine zu lang ausgedehnte ununterbrochene Übung Abmagerung nach sich ziehen, weil sie dem Ernährungsprozeß nicht die Zeit läßt, die durch den Verdauungsvorgang bearbeiteten Stoffe auf den Geweben zu befestigen.

Man muß also in der Hygiene der Übung sorgfältig die Perioden der Arbeit und diejenigen der Ruhe gegeneinander abwägen. Es ist ebenso wichtig, den größeren oder geringeren Erholungszwischenraum richtig abzumessen nach dem Maß der geleisteten Arbeitsmenge. Alle Übungen erheischen nicht dieselbe Ruheperiode, nicht alle lassen sich ohne Nachteil auf denselben Zeitraum ausdehnen.

Die Übungen, welche außer Atem bringen, müssen durch sehr nahe zusammengrenzende Pausen unterbrochen werden, aber diese Ruhepausen dürfen kurz sein. In der Tat erzeugen diese Übungen viel Kohlensäure in kurzer Zeit. Dieses Verbrennungsprodukt ist imstande, in kurzer Zeit schwere Zufälle herbeizuführen; daher die Notwendigkeit, es rasch auszuscheiden, um seine Anhäufungen zu verhüten. Andrerseits ist es sehr

flüchtig und entfernt sich mit großer Leichtigkeit; auch wird es durch die Ausatmung rasch aus dem Organismus vertrieben. — In gewissen Gegenden von Tunis gibt es noch Kommissionsläufer oder Depeschenträger, Rekas genannt, die eine unerhörte Widerstandskraft gegen Ermüdung und Atemlosigkeit besitzen. Merkt ein Reka, daß sein Atem während des Laufes schwieriger wird, so hält er ein, zählt bis sechzig und läuft weiter. Diese Ruhepause genügt ihm, um Atem zu schöpfen.

Eine Dauerarbeit verursacht die Ermüdung nicht so rasch, wie die Schnelligkeitsübung, aber sie erfordert auch eine längere Ruhe. Ein Wanderer, der nicht an lange Reisen gewöhnt ist, wird bei einiger Energie einen Weg von fünf oder sechs Stunden ohne Unterbrechung zurücklegen können; aber wenn die Ermüdung später eingetreten ist, so wird sie auch später wieder verschwinden, und es werden nicht eine oder zwei Minuten genügen, um ihn wieder frisch zu machen, sondern vielleicht ein Tag oder gar zwei. Dies kommt daher, weil in diesem Falle die Ermüdungsstoffe nicht mehr von gasförmiger Art sind, wie die Kohlensäure und der Wasserstoff, und sich daher nicht so schnell auslösen, um den Organismus zu verlassen. Wie wir bereits nachgewiesen haben, werden es stickstoffhaltige, feste, sehr wenig lösbare Produkte sein, die eine sehr lange Zeit (6—18 Stunden) fordern, um durch den Urin aus dem Körper ausgeschieden zu werden. Daher die Länge der Zeit der notwendigen Ruhe. Wenn die Übung zu früh wieder aufgenommen wird, wenn die Erholungszeit unzulänglich ist, so werden sich neue Abgänge bilden, bevor die zunächst angehäuften den Körper verlassen haben und sich in hoher Dosis ansammeln. So vollzieht sich die Vergiftung infolge von Überanstrengung in allen ihren Abstufungen.

Die Ruhe ist also eine wesentliche Bedingung für die Ausscheidung der Arbeitsschlacken, weil im Ruhezustande die Erzeugung dieser Abfälle sich verlangsamt. Sie ist auch wesentliche Bedingung für die Wiederherstellung der Organe, weil die Stoffwechselbewegung, durch welche sich die Organe erneuern, durch die während der Arbeit so aktive Zersetzungsbewegung gehemmt wird.

II

Aber die Ausscheidung der Zersetzungsstoffe und die Wiederherstellung der Gewebe erklärt nicht alle Tatsachen, in denen die Ruhe dazu mitwirkt, den ermüdeten Muskeln die Fähigkeit zu verschaffen, sich von neuem anzuspannen. — Wenn wir den Arm wagerecht ausspannen und uns die Ermüdung nach Ablauf von fünf Minuten zwingt, ihn fallen zu lassen, so genügt uns eine Untätigkeit von einer Minute, um die Fähigkeit wieder zu erlangen, ihn aufs neue auszustrecken. — Was hat sich während dieser Minute der Ruhezeit im Muskel verändert?

Die Ruhezeit ist zu kurz gewesen, um dem Muskelstrom zu gestatten, den Muskel in irgendwelchem bedeutenden Maße auszuwaschen und die Verbrennungsabfälle fortzuspülen, die seine Fasern etwa haben belasten können. Andererseits kann eine Minute nicht dazu genügen, daß die durch das Blut beschafften Stoffe die erlittenen Verluste wieder stofflich ausgleichen. Man muß also einen dynamischen Erfolg annehmen, obwohl man nicht genau sagen kann, worin dieser Erfolg besteht.

Der Muskel hat durch die bloße Tatsache der zeitweiligen Unterbrechung der Arbeit einen neuen Vorrat der seinen Fasern innewohnenden Kraft erlangt, die eine verlängerte Anstrengung erschöpft hatte, der Kontraktilität.

Diese Erklärung sieht einem Bekenntnis der Unwissenheit ähnlicher als einer Theorie; aber so unzulänglich sie auch sein mag, so stimmt sie doch mit den Tatsachen in dem Sinne überein, daß sie die Existenz einer eigentümlichen Muskelkraft voraussetzt, welche unabhängig von jeder Kraft ist, die ihr von außen eine Unterstützung zu leisten vermag. — Man zerstöre jegliche Verbindung des Muskels mit den Ernährungsgefäßen, die ihm das Blut zuführen; man lasse alle Nervenfasern verschwinden, die ihn mit den motorischen Zentren des Rückenmarks und des Gehirns verbinden, so wird dieser Muskel, so allein auf die Energie seiner eigenen Elemente beschränkt, gleichwohl für wechselnde Erschöpfungszustände infolge von Arbeit empfänglich bleiben; seine Kontraktionsfähigkeit wird unter dem Einfluß der Ruhe sich ebenso wieder erzeugen, als

wenn sie mit den Organen des Blutlaufs und der Innervation verbunden geblieben wäre. Wenn man ihn in ununterbrochener Weise elektrisiert, wird er ermüden und schließlich auf die Reizung des Stromes nicht mehr antworten. Wenn man ihn dann eine gewisse Zeit in Ruhe läßt, so wird man seine Kontraktionskraft allmählich wieder erscheinen sehen, wie wenn seine Elemente imstande gewesen wären, in ununterbrochener Weise eine gewisse Quantität von Spannkraft wieder zu erzeugen, um diejenige zu ersetzen, welche durch die zu sehr ausgedehnte Anspannung erschöpft war.

Es gibt noch eine letzte Kategorie von Tatsachen, bei welcher ein anderer Einfluß in Betracht zu ziehen ist, wenn man sich von den Wirkungen der Ruhe Rechenschaft verschaffen will. Die Einstellung einer Muskelanstrengung scheint manchmal ausschließlich den Zweck zu haben, den Schmerz zu unterbrechen, den die Zusammenziehung im Muskel hervorruft.

Der Muskel wird von zahlreichen sensitiven Nervenfasern durchkreuzt, und diese Fasern werden notwendig gedrückt, wenn der Muskel in Kontraktion tritt. Alle Welt kennt eine Erscheinung, die uns zeigt, bis zu welchem Grade die Muskelanspannung schmerzhaft werden kann, wenn sie zu weit getrieben wird. Der *Krampf* ist nichts anderes als eine unfreiwillige und übertriebene Muskelkontraktion. Dieses Phänomen beweist, bis zu welchem Punkte ein Muskel, der sich zusammenzieht, schmerzhafte Empfindung hervorrufen kann. Der Schmerz, der eine anhaltende Reibung der sensitiven Nerven, die durch den Muskel gezerrt werden, begleitet, ist oft die wahre Ursache des Gefühls, das uns auffordert und zwingt, den Muskel aus einer ermüdenden Haltung zu befreien. Was diese Erklärung zu bestätigen scheint, ist die Fähigkeit, welche hypnotisierte Personen besitzen, während ungewöhnlich langer Zeit in den ermüdensten Stellungen zu verharren, z. B. auf einem Fuße zu stehen, ohne irgendein Zeichen von Ermüdung zu geben. Man darf annehmen, daß das Schwinden des Ermüdungsgefühls bei solchen Personen auf einer Anästhesie der Nervenfasern oder einer Tilgung ihrer Schmerzempfindlichkeit beruht. Wie man weiß, tritt diese Unempfindlichkeit in allen sensitiven Nerven

bei den Hypnotisierten in Erscheinung, da man ja ein solches Individuum tief stechen und seine Haut mit Nadeln durchbohren kann, ohne eine Schmerzäußerung hervorzurufen.

So hat also, um alles zusammenzufassen, die Muskelruhe folgende Wirkungen:

1. Sie läßt gewisse schmerzhafte Empfindungen aufhören, indem sie die Kontraktionen einstellt, die fähig sind, die Nervenfasern schmerzhaft zu reizen und die Muskelfasern zu zerren.

2. Sie gibt den Verbrennungsabfällen die Zeit, sich auszuscheiden.

3. Sie gestattet den plastischen Bestandteilen des Blutes, die den Organen durch die Verbrennungen bei der Arbeit entzogenen Stoffe zu erneuern.

4. Sie gibt den Elementen der Muskeln oder Nerven die erforderliche Zeit, einen neuen Vorrat von Energie durch einen physiologischen Mechanismus, der bislang noch unbekannt ist, wieder anzusammeln.

Die Ruhe ist ein der Arbeit diametral entgegengesetzter Zustand, und die Erscheinungen, die man in diesen beiden Zuständen beobachtet, verhalten sich geradezu umgekehrt. Die Muskelarbeit ist mit einer Steigerung der Lebensphänomene verknüpft und verleiht allen Funktionen eine größere Intensität: sie beschleunigt den Puls und die Atmung und hebt die Temperatur des Körpers. Die Ruhe ist mit einer Verlangsamung des Pulses und der Atmung verknüpft und erniedrigt die Temperatur.

Ebenso wie die Arbeit hat die Ruhe ihre Grade, und diese Grade sind sehr relativ. Für einen an Laufen gewöhnten Menschen heißt das Gehen im Schritt sich ausruhen; für den an eine horizontale Lage gewöhnten Kranken ist es eine Arbeit, aufrecht zu sitzen.

Die vollkommene Ruhe ist der Schlaf, weil in diesem Zustande alle Muskeln der äußeren Lebenstätigkeit sich in Ruhe befinden und alle diejenigen des organischen Lebens mit weniger Energie funktionieren. Die Atemzüge und der Puls sind weniger häufig als im wachen Zustande, und die Temperatur ist gesunken. Mehr noch, ein Organ, das in wachem Zustande unauf-

hörlich arbeitet, das Gehirn, ruht im Schlafzustande aus, und der Blutumlauf in demselben wird weniger aktiv, wie man sich hat überzeugen können, wenn man Menschen beobachtete, die eine Wunde in der Schädeldecke hatten.

Die Herabminderung der Temperatur während des Schlafes ist ein Beweis, daß die Verbrennungsvorgänge sich vermindern, und daß die Abfälle sich auf ihr Minimum reduzieren. Übrigens hat man feststellen können, daß die während des Schlafes abgegebene Kohlensäure nur halb so groß ist als diejenige, die man im wachen Zustand ausscheidet.

Anhaltende Arbeit erzeugt eine um so stärkere Müdigkeit, je beträchtlicher die Ausgabe von Kraft ist. Eine heftige Anstrengung kann nicht lange ausgehalten werden; wenn aber die anstrengendste Übung von sehr kurzen, schnell aufeinanderfolgenden Ruhepausen unterbrochen wird, so kann man diese Übung ziemlich lange fortsetzen.

In England wird bei den Boxerkämpfen der Kampf alle drei Minuten eingestellt, und die Kämpfer nehmen zwei Minuten Ruhe zwischen jedem Gang[1]. Diese Art, den Kampf durch sehr kurze Pausen zu unterbrechen, macht zunächst den Eindruck einer Milderung seiner Brutalität; sie ist aber im Gegenteil nur ein Mittel, sein Ergebnis noch grausamer zu gestalten. Früher, als die einzelnen Gänge länger waren und die Boxer zehn Minuten lang in Stellung blieben, zu schlagen und zu parieren, ermüdeten sie bald. Ihre Schläge wurden weniger stark und zogen weniger ernste Verletzungen nach sich. Die Ermüdung sowie die Verletzungen machten die Fortsetzung des Kampfes unmöglich. Heutzutage bei den sehr kurzen Gängen und sehr häufigen Ruhepausen bewahren die Gegner ihre ungeschwächte Kraft, und die Faustschläge sind eben so schrecklich zum Schluß wie zum Anfang. Der Besiegte bittet erst um Einstellung des Kampfes, nicht wenn er erschöpft ist, sondern wenn er schwer verwundet ist. Trotz ihrer Kraft und ihrer unglaublichen Ausdauer könnten die Preiskämpfer ohne diese Ruhepausen die langen Strapazen dieser Kämpfe nicht aushalten, die oft mehrere Stunden dauern.

[1] Esquiros: l'Angleterre et la vie anglaise.

DRITTER TEIL / DIE GEWÖHNUNG AN DIE ARBEIT / WIDERSTAND GEGEN ERMÜDUNG / MODIFIKATION DER ORGANE DURCH DIE ARBEIT / MODIFIKATION DER FUNKTIONEN DER GEWEBE DURCH DIE ARBEIT / DAS TRAINIEREN

I. VOM WIDERSTAND GEGEN DIE ERMÜDUNG

Verschiedenheit der Widerstandskraft gegen Ermüdung · Wirkungen der Untätigkeit · Wirkungen gewohnter Tätigkeit · Die Verschiedenheit der Lebensweise bedingt Verschiedenheit der Körperbildung; pflanzenfressende Tiere und Raubtiere; das Fleisch des Hasen und das Fleisch des Wolfes · Der werktätige Mensch und der Stubenmensch · Wie man die Gewöhnung an Arbeit zu erklären hat

Diejenigen Menschen, die sich lange Zeit jeder körperlichen Übung enthalten haben und deren Organismus lebhaft die Notwendigkeit verspürt, zu ihnen zurückzukehren, sind es vor allem, welche die Ermüdung am meisten zu fürchten haben, und die größte Gefahr laufen, sich den Folgen der Überanstrengung auszusetzen. Solche dagegen, die sich täglich der Muskelarbeit widmen, erlangen das Privilegium, der Ermüdung zu trotzen und ihren schwersten Angriffen siegreich zu widerstehen. Aber diese Immunität, die man durch Arbeit erlangt, geht durch Untätigkeit bald verloren; sie läßt sich nur unter der Bedingung erhalten, daß die Muskeltätigkeit eine Gewohnheit bleibt.

Man kann behaupten, daß zu lange Ruhe die wirksamste Bedingung ist, um den Organismus gegen Müdigkeit widerstandslos zu machen. Die Steifigkeit ist Menschen, die ihr Leben in beständiger Muskelarbeit verbringen, unbekannt, und die Unpäßlichkeiten der Überanstrengung können sie nur ausnahmsweise belästigen. Die Ermüdung in allen ihren Formen und Graden läßt sich in ihren Wirkungen nur bei denjenigen beobachten, die sich zu lange ausruhen. — Man sieht Damen, die niemals einen Weg auf die Straße unternehmen: ihr Fuhrwerk entbindet sie davon; sie machen sich kaum die Bewegung des Ankleidens; ihre Kammerzofe ist dazu da, um ihnen hierbei jede Mühe abzunehmen. Für solche Personen kann ein Spaziergang in den Anlagen zur Ursache einer Ermüdung und Steifigkeit werden. Wenn sie sich eines Tages auf Andringen ihres Arztes entschließen, einen Weg von einer Stunde zu machen, müssen sie sich am folgenden Tage mit Fiebererscheinungen ins Bett legen. Dann wird in aller Eile

der Doktor herbeigerufen, und man erklärt ihm, wie grausam er gewesen sei, die Kranke zu zwingen, sich ihrer Beine zu bedienen. — Dahingegen macht ein Landbriefträger täglich seine 30—40 Kilometer auf seinem Rundgang, ohne beim Schlafengehen das geringste Unbehagen zu verspüren, und erhebt sich an jedem Morgen mit frischen Kräften.

Die moralische Energie ist nicht die wahre Ursache des Widerstandes gegen Ermüdung. Was den Unterschied in der Arbeitstüchtigkeit zweier Menschen ausmacht, ist meistenteils weniger ihre physische und moralische Veranlagung, als vielmehr die Vorbereitung, die sie durch ihre Lebensführung erhalten hatten; weniger ihr Temperament, als eine erworbene Fertigkeit.

Es bestehen in Ansehung der Arbeitstüchtigkeit auch zwischen den zahmen Tieren große Unterschiede. Die wilden Tiere dagegen besitzen auffälligerweise die gleiche Fähigkeit, langdauernde Muskelanstrengungen zu ertragen. Zwei Wölfe von demselben Alter verfügen nahezu über die gleiche Geschwindigkeit und Ausdauer. Zwei Hunde, selbst Geschwister, zeigen oft beträchtliche Unterschiede in Ansehung ihrer Widerstandskraft gegen Ermüdung. Der Unterschied, den zahme Tiere hinsichtlich des Widerstandes gegen Ermüdung aufweisen, entspringt aus den so mannigfachen Verschiedenheiten, welche die Domestikation für ihre Lebensweise mit sich bringt. Die bemerkenswerte Gleichheit der wilden Tiere in dieser Hinsicht beruht dagegen auf der Ähnlichkeit ihrer Existenzbedingungen.

Welches sind die Bedingungen, welche Widerstandsfähigkeit gegen Ermüdung schaffen? Die Beantwortung dieser Frage ist empirisch und durch Tatsachen längst gegeben. Man weiß, daß gewisse Übungen in Muskelarbeit verknüpft mit gewissen Regeln der Lebensweise, deren Gesamtheit man als *Trainieren* bezeichnet, sowohl den Menschen wie das Tier mit Sicherheit instand setzen, eine anstrengende und ausdauernde Übung zu ertragen, die ohne solche Vorbereitung schwere Störungen des Organismus nach sich ziehen könnte. Man weiß auch, daß die durch Trainierung erworbene Widerstandskraft schnell wieder

verloren geht, sobald das Subjekt in die Lebensverhältnisse zurückkehrt, aus denen die Methode ihn herausgeholt hatte.

Warum erlangt ein Mensch, der sich täglicher Muskelarbeit unterzieht, eben durch diese Tatsache der Arbeit die Fähigkeit, ohne Ermüdung zu arbeiten? Gewöhnlich gibt man auf diese Frage eine sehr einfache Antwort. Man sagt, der Mensch hat sich an die Arbeit *gewöhnt*. Diejenigen, welche ihrer Erklärung einen mehr wissenschaftlichen Anstrich geben wollen, sprechen von „*Anpassung*" des Körpers an die Arbeit.

Bedenkt man, daß die Ermüdung ein Unlustgefühl ist, so ist es widersinnig, zu behaupten, daß man sich an die Ermüdung gewöhne. Man gewöhnt sich nicht an ein Unlustempfinden bis zu dem Grade, daß man es nicht mehr verspürt. Man frage einen Menschen, der an hartnäckigen Nervenschmerzen leidet, ob er weniger darunter leidet, weil er schon so lange darunter leidet. Man darf nicht sagen, daß der an Arbeit gewöhnte Mensch die Ermüdung besser aushält. Er hat sie gar nicht auszuhalten: sie stellt sich eben nicht bei ihm ein.

Ein gut trainierter Mensch widersteht der Ermüdung leichter, nicht weil er das Unlustgefühl verachtet, das gewöhnlich die Arbeit begleitet, wie die Stoiker den Schmerz verachteten, sondern weil dieses Unlustgefühl sich bei ihm nicht geltend macht, oder, wenn überhaupt, so doch in einem sehr abgeschwächten, sehr erträglichen Grade. Somit ist die Widerstandskraft gegen Ermüdung nicht etwa einer größeren Geduld des Subjekts, sondern einer geringeren Intensität des empfindenden Unlustgefühls zuzuschreiben.

Die Widerstandskraft gegen Ermüdung ist das Ergebnis einer stofflichen Veränderung, die durch eine oft wiederholte Übung in der Struktur der Organe, die die Arbeit vollziehen, herbeigeführt wird. Wenn man sagt, daß ein Mensch durch Arbeit „abgehärtet" ist, so muß man diesen Ausdruck in wörtlichem und nicht in einem bildlichen Sinne nehmen. Die Arbeit bewirkt in allen Geweben des Körpers Ernährungsveränderungen, welche sie widerstandskräftiger, fester machen, sie sozusagen panzern gegen die Stöße und Reibungen und gegen die Unfälle bei der Arbeit sichern. Verlängerte Ruhe dagegen macht die Gewebe weich und leichter verwundbar.

Ein Gärtner, der vom Morgen bis zum Abend arbeitet, leidet nicht durch Handhabung der Hacke an den Händen; ein Stubenmensch, der sich seiner Arbeit eine Stunde lang unterziehen würde, würde sich bald über Schmerzen in den Händen beklagen. — Hat darum der Gärtner mehr Energie als der Gelehrte? Nein, er hat lediglich eine dickere Haut. Die schwielige Haut, die seine beständig mit dem Werkzeug beschäftigte Hand bedeckt, ist für Blasenbildung nicht mehr geeignet. Diese Tatsache ist so klar, wie nur möglich. Sie gibt uns aber nur ein Beispiel für alles, was unter dem Einfluß der Arbeit sich alle Tage in einem Organismus ereignet. Jedes Organ, das arbeitet, erleidet eine stoffliche Veränderung, aus der eine größere Fähigkeit entspringt, die Arbeit ohne Schmerz zu ertragen.

Durch die tägliche Arbeit werden die Muskeln hart und elastischer: sie sind somit fähiger, den Zerrungen und Zerreißungen zu widerstehen, tauglicher, die von ihnen bedeckten empfindsamen Teile, Nervenfasern, inneren Organe, vor äußeren Erschütterungen zu schützen. Ein gut trainierter Boxer fühlt die Faustschläge nicht mehr; sein Fleisch ist so hart geworden, daß der Schlag es nicht mehr verletzt, im Gegenteil, die Faust tut dem Gegner weh, wenn er darauf schlägt.

Die Übung beschränkt sich nicht darauf, die Haut und die Muskeln abzuhärten: sie kräftigt alle Organe der Arbeit. Die Haustiere, welche harte Arbeiten verrichten, erhalten harte und feste Sehnen. Bei den wilden Tieren besteht ein großer Unterschied zwischen den Pflanzenfressern und den Raubtieren. Die Fleischfresser, welche von ihrer Jagd leben und immer auf den Beinen sind, um ihre Beute zu belauern und zu verfolgen, zeigen uns in höchster Vollkommenheit den Typus eines trainierten Wesens. Ihre Sehnen, ihre Sehnenhäute, welche ihre Muskeln umgeben, und die Muskeln selbst sind hart wie Holz. Um sich eine Vorstellung von der Abhärtung der Gewebe bei einem Raubtier zu machen, muß man einmal, wie wir dies getan haben, einen alten Wolf sezieren. Nur mit Mühe kann das Messer in die Sehnen und die Muskelfasern eindringen. Ebenso ist es bei einem Raubvogel, einem Falken oder Sperber. Alle diese Tiere, die ein Räuberleben führen, sind im Zustande beständiger Bewegung, und die un-

unterbrochene Übung verändert den Bau ihrer Organe, um ihnen eine überraschende Leistungsfähigkeit zu verleihen.

Die anderen wilden Tiere, die sich von Pflanzen ernähren, haben einen ganz verschiedenen Bau. Der Hase, das Rebhuhn, die Wachtel verbringen, abgesehen von den Beunruhigungen, in die sie von Zeit zu Zeit durch die Jagd versetzt werden, ihr Leben damit, zu schnäbeln oder eine reichliche und immer in ihrem Bereich befindliche Nahrung abzuweiden; sie schlafen ruhig und arbeiten wenig. Daher ist auch ihr Fleisch fett und zart, ihre Muskeln sind weich und mit schmackhaften Säften getränkt. — Man ißt den Hasen und die Wachtel, ihr Fleisch schmilzt auf der Zunge; aber man ißt nicht das Fleisch des Falken oder des Wolfes, man würde sich die Zähne daran ausbeißen.

Es ist der Unterschied der Arbeit, der diese so ausgesprochenen Unterschiede, die man unter den Tieren bemerkt, verursacht. Dieselben Unterschiede kann man bei den Menschen beobachten. Wenn man in der Anatomie die Leiche eines Menschen seziert, der sich während seines Lebens anstrengenden Übungen oder schweren Arbeiten gewidmet hat, ist man über die bemerkenswerte Festigkeit und die Widerstandskraft aller Gewebe erstaunt, die bei der Bewegung mitwirken. Man begreift dann leicht, wie diese festen und umfangreichen Muskeln, diese dicken und starken Sehnscheiden, diese Sehnen, trocken und hart wie Stahl, ohne Schmerz alle Erschütterungen der Arbeit ertragen konnten.

Die Knochen selbst passen sich durch Zunehmen an Umfang und Festigkeit den stärkeren Arbeiten der Muskeln, die an ihnen befestigt sind, an. Man hat die Knochen von Rennpferden gewogen, die mehrere Jahre hindurch die schwere Arbeit in der Rennbahn verrichtet hatten; dagegen hat man die Knochen von gleichgroßen Pferden gewogen, die ihr Leben mit ruhigem Weiden zugebracht hatten: das Knochengerüst der Rennpferde war bedeutend schwerer, und ihre Knochen waren viel härter und widerstandsfähiger. Beim Menschen veranlaßt die Muskelarbeit auch eine sehr wesentliche Veränderung in der Ernährung der Knochen. Bei einer einfachen Untersuchung eines Menschenskelettes ist es leicht zu sagen, ob das Individuum, dem es gehörte, ein an

Muskelarbeit reiches Leben geführt hat, oder ob es in körperlichem Müßigang gelebt hat. Die Stellen des Knochens, an denen die Muskelfasern befestigt sind, bleiben glatt und regelmäßig, wenn die Muskeln untätig geblieben sind; im Gegenteil, war die Person ein Arbeiter, so sind die Befestigungsstellen hervorspringend, und es entwickeln sich an ihnen Runzeligkeiten (Unebenheiten), bestimmt, den Fasern einen festeren Halt zu gewähren.

Abgesehen von diesen Veränderungen des Organismus infolge von Arbeit, die so leicht zu konstatieren sind, gibt es gewiß noch manche andere, die uns weniger bekannt sind. Es ist z. B. nicht absurd, zu denken, daß die Oberhaut der Gelenkmembranen unter dem Einfluß der energischen Reibungen durch die Arbeit analoge Veränderungen erleidet wie diejenigen der Epidermis, welche sich verdickt und somit fähiger wird, heftigen Druck ohne Schaden auszuhalten. Ebenso trägt alles dazu bei, anzunehmen, daß die Nervenfasern, welche die Muskeln durchziehen, der Sitz einer Arbeit sind, die zu ähnlichen Schutzvorrichtungen führt. Der Nerv ist von einer faserigen Scheide umgeben, der Nervenscheide; die Elemente, welche diese Schutzhülle zusammensetzen, nehmen unter dem Einfluß der Arbeit wahrscheinlich an der intensiveren Ernährung sämtlicher Fasergewebe teil; so kann man unbedenklich die zunehmende Minderung des Unbehagens erklären, das man in einem Körperteil, der arbeitet, verspürt. Die wiederholte Muskelkontraktion wird weniger schmerzhaft, weil die Nervenfasern, welche die Muskeln durchziehen, sich gegen die Pressungen und Reibungen durch eine widerstandsfähiger gewordene Nervenscheide besser beschützt sehen.

Um es zusammenzufassen, die Muskelübung hat einen bedeutenden Einfluß auf den Ernährungsvorgang, und diesem Einflusse hat man die Veränderungen zu verdanken, die sich in der Gestalt eines Menschen einstellen, der sich gewöhnt hat, seine Muskeln zu gebrauchen.

Unter dem Einflusse einer regelmäßigen und fortschreitend gesteigerten Übung modifiziert sich der Körper des Menschen oder des Tieres in dem Sinne, daß er zur leichteren Ausführung der Arbeit geschickt wird. Und dies ist das Geheimnis der „Einübung".

II. MODIFIKATION DER ORGANE DURCH DIE ARBEIT

Die Funktion schafft das Organ · Verschwinden der Organe beim Aufhören der Funktionen; Erhaltung der Organe durch Fortdauern des Funktionierens · Warum die Turner bis in ihr Greisenalter hinein geschmeidig bleiben · Modifikation der Bewegungsorgane durch die Übung · Modifikation der organischen Apparate, die mit der Bewegung zusammenhängen; Erweiterung der Lunge · Umwandlung der lebenden Gewebe durch die Arbeit · Aktivere Stoffaneignung; Wachsen der Muskeln · Schnellerer Stoffwechsel; Verminderung der Reservegewebe · Vermehrung der Kraft durch das Wachsen der Muskelgewebe · Abnahme der Neigung zum Ermüden; sie ist dem progressiven Verschwinden der Reservegewebe zu verdanken · Wie wir dieses Ergebnis zu erklären haben · Das Fett als Ursache der Atembeschwerde · Durch welchen Mechanismus? Unzulänglichkeit der gewöhnlichen Erklärungen · Die Theorie der Trainer: Das „innere Fett" · Einwürfe gegen diese Theorie · Das Reservefett und das konstitutionelle Fett · Die dicken Schnellläufer. Leichte Zersetzung der Reservefette, eine Ursache der Atembeschwerde zufolge übermäßiger Kohlensäureproduktion · Die stickstoffhaltigen Reservegewebe und die nachfolgende Müdigkeit · Das Verschwinden der Ermüdungssteifigkeit in Verbindung mit dem Verschwinden der Harnniederschläge nach der Übung · Unsere persönlichen Beobachtungen über die Ermüdung

Die Physiologen sagen, „*daß die Funktion das Organ schafft*". Dieser Satz bedeutet, daß der menschliche Körper sich tatsächlich durch eine Veränderung seiner Bildung an eine oft wiederholte Tätigkeit anpaßt.

Es ist immer schwer, sich eine in allgemeiner und abstrakter Form ausgedrückte Tatsache vorzustellen. Wir werden also versuchen, den ausgedrückten Gedanken durch ein Beispiel zu veranschaulichen. — Bei einem Menschen, dessen Schulter sich ausgesetzt hat, ist der Kopf des Oberarmknochens aus der Gelenkgrube getreten und hat sich in einer benachbarten Region fest-

gesetzt. Nehmen wir an, daß keine Wiedereinsetzung erfolgt, daß die Verrenkung nicht geheilt wird, und daß der Kopf des Knochens nicht wieder in die Höhlung gebracht wird, aus welcher er gesprungen ist, so können die Bewegungen nicht mehr ausgeführt werden; das Glied bleibt unbeweglich in der fehlerhaften Lage, welche ihm der Unfall gegeben hat, und nach Verlauf von einigen Monaten ist die Gelenksteife vollendet. Wenn jetzt der Arzt gerufen wird, ist es zu spät, den ausgerenkten Knochen wieder einzusetzen, und man kann nur noch einen Rat erteilen, nämlich den, den Arm soviel wie möglich zu bewegen, um ihm seine Bewegungsfähigkeit wieder zu verschaffen. In der Tat gelangt man mit Hülfe täglich an dem Knochen ausgeführter Bewegungen dahin, daß die Funktionen sich wieder herstellen, und daß der Arm, obgleich er völlig in seiner unnatürlichen Lage verbleibt, wieder arbeitsfähig wird.

Man sieht Patienten, deren Oberarmknochen zwischen das Schlüsselbein und die ersten Rippen versetzt ist, mehrere Zentimeter unterhalb des normalen Gelenks, und die dennoch durch tägliche Armübung einen großen Teil der Bewegungen ihres Gliedes wieder bemeistern können. Wenn man die Gelegenheit hat, einen solchen Patienten zu untersuchen, so findet man, daß der Armknochen sich auf Kosten des Schlüsselbeins und der Rippen, mit denen er in Berührung steht, eine neue Gelenkhöhle gegraben hat. Wenn die Verrenkung alt ist und der Patient mit dem verrenkten Gliede viel gearbeitet hat, so wird die Gelenkhöhlung der neuen Bildung alle Eigenschaften einer normalen Artikulation aufweisen. Eine Gelenkhaut, Knorpeln, Fasergewebe, die eine Gelenkkapsel bilden, kurz, alle Elemente, die ein Gelenk zusammensetzen, werden sich in einem Grade entwickelt haben, wie er sich im natürlichen Zustande findet. Man nennt diese geschaffene Verbindung aller Stücke ein falsches Gelenk. — Das Gelenk, ein unentbehrliches Bewegungsorgan, kann also durch die Bewegung selbst geschaffen werden.

Somit „schafft die Funktion das Organ!“ Aber aus diesem Gesetze ergibt sich auch ein Nebenschluß, den man folgendermaßen formulieren könnte: „Das Aufhören der Funktion läßt das Organ verschwinden.“

In dem als Beispiel angeführten Falle verliert die Gelenkhöhle, aus der sich der ausgerenkte Oberarmknochen entfernt hatte, da sie nicht mehr das Zentrum seiner Bewegungen ist, in kurzer Zeit ihre Form, ihre normale Struktur; die Gelenkflüssigkeit, welche dazu diente, die Oberflächen des Gliedes geschmeidig zu machen, wird nicht mehr abgesondert, da sie nicht mehr gebraucht wird; die Sehne selbst verschwindet; mehr noch, die Gelenkknorpeln werden allmählich durch Knochengewebe ersetzt, und nach Ablauf einer gewissen Zeit hat sich die ganze Gelenkhöhlung ausgefüllt und ist verschwunden. — Das Aufhören der Funktion hat das Organ verschwinden lassen. — Das Gesetz, welches die Existenz des Organes unlöslich mit seiner Funktion verknüpft, tritt nirgends so deutlich zutage wie bei der Muskelarbeit. Es erstreckt sich nicht nur auf die Bildung eines neuen Organs durch eine neue Funktion, sondern auch auf die Vervollkommnung des schon existierenden Organes durch die Tatsache eines häufigeren Gebrauchs.

Die Beobachtungen, die man täglich bei einem Menschen, der arbeitet, machen kann, bestätigen das aufgestellte Gesetz auf das genaueste. Die Muskelarbeit ist bestrebt, die Ernährung aller Bewegungsorgane zu modifizieren und ihnen eine Gestalt zu verleihen, welche die Ausführungen der Bewegung begünstigt. Wenn man alle Organe, die zur Ausführung der Arbeit mitwirken, mustert, so sieht man, daß sie sämtlich diesem physiologischen Gesetze der Anpassung an die Funktion oder mit anderen Worten, der Vervollkommnung durch die Arbeit unterworfen sind. Man sieht auch, wenn man entgegengesetzte Beobachtungen macht, daß der Fortfall des Gebrauchs der Organe ihren Verfall und den Stillstand ihrer Entwicklung nach sich zieht.

Die Muskeln werden durch die Arbeit stärker, indem sich gleichzeitig ihre Fasern von jedem hinderlichen Gewebe befreien, zumal von dem Fett, das ihre Spannkraft beeinträchtigen könnte. Die Ruhe dagegen führt zu einer Abzehrung der Muskelfaser und der lange untätige Muskel durchsetzt sich mit fettigen Geweben.

Die Gelenke sind die Teile des Körpers, deren vollkommen

Funktionieren für die Ausführung der Bewegung die größte Bedeutung hat. Auch gibt es kein Gelenk, das nicht dem Einfluß der Muskelübung unterstellt wäre. Um sich davon Rechenschaft zu geben, braucht man nur ein Gelenk, das lange Zeit unbeweglich geblieben ist, mit einem solchen zu vergleichen, das häufigen Bewegungen unterzogen wird. Das tätige Gelenk erwirbt eine wunderbare Leichtigkeit, sich zu bewegen; das untätig gebliebene dagegen wird schließlich steif und die Knochen, die es zusammensetzen, schweißen sich schließlich geradezu zusammen. Die Übung eines Gliedes wahrt seinen Gelenken ihre ganze Beweglichkeit, und aus diesem Grunde erhalten sich die Turnlehrer bis ins hohe Alter hinein ihre Gewandtheit und jugendliche Haltung. Gleichwohl ist das Alter bestrebt, kalkhaltige Salze unter den Geweben des Organismus zu inkrustieren; die Arterien des Greises sind hart und verlieren ihre Elastizität; seine Fasergewebe versuchen sich zu verhärten, und ihre Verbindungen unterliegen einer fortschreitenden Verkalkung. Aber die beständige Bewegung eines Gliedes widersetzt sich dem Verkalkungsprozeß, der sich seiner zu bemächtigen versucht; die Arbeit macht die Gelenksteife und die kalkige Entartung der Fasergewebe unmöglich: solange der Mensch seine Muskeln arbeiten läßt, erhält er sich die Freiheit seiner Glieder. — Das Fortdauern der Funktion erhält die Integrität des Organes.

Auch die inneren Organe unterliegen unter dem Einflusse der Muskelübung günstigen Veränderungen für die Ausführung der oft wiederholten Arbeit.

Die Lunge, deren Zellen infolge einer kräftigeren Atmung ins Spiel treten, dehnt sich aus und erweitert nach allen Seiten die Knochenteile, in welche sie eingelagert ist: Der Brustkasten wird breit, die Rippen heben sich, und die Brust erlangt eine sehr charakteristische gewölbte Form. Alle Turnlehrer zeigen uns eine Art von Wölbung desjenigen Teiles der Brust, der den oberen Rippen und dem Schlüsselbein benachbart ist. Man hat Maße an jungen Militärpersonen der Turnschule von Joinville genommen und schon nach wenigen Monaten unter dem Einflusse der beständigen Muskelübung eine Zunahme von mehreren Zentimetern Brustumfang konstatiert.

Es ist leicht zu begreifen, wie die Atmung durch diese Ausdehnung des Brustkastens erleichtert wird. Das in die Lungenzellen eingeführte Volumen der Luft ist viel beträchtlicher, und die Ausscheidung der Atmungsabfälle vollzieht sich in viel reichlicherem Betrage, die Atembeschwerden während der Übung werden verringert.

Auch das Herz unterliegt einer Veränderung seiner Größe und Struktur. Seine Muskelfasern nehmen zu durch Wachstum, und vor allem wird ihr Gewebe fester und dichter; es befreit sich von dem Fett, das sie beeinträchtigte und den Fasern ihre Spannkraft benahm. Diese Modifikation ist günstig für die Ausführung der Übung; denn ein kräftiges Herz treibt das Blut mit Energie und ohne Schwierigkeit durch das Gewebe der Organe. Der dem Blute gegebene kräftigere Antrieb widersetzt sich einer Verstopfung der Kapillargefäße der Lunge während der Übung und unterdrückt so eine sehr mächtige Ursache des Außeratemkommens: die passive Lungenkongestion.

II

Durch welchen Mechanismus führt die Muskelübung die Umformungen der Organe herbei, von denen wir soeben eine summarische Darstellung gegeben haben? Um diese Frage zu beantworten, muß man zunächst die Veränderungen, die ein arbeitender Organismus täglich erleidet, im einzelnen ins Auge fassen und den Einfluß der Übung auf die Ernährung der lebenden Gewebe untersuchen.

Die Muskelübung hat zuerst die Wirkung, die Lebensverbrennungen zu steigern und folglich die Masse der Gewebe zu verringern, auf deren Kosten die Verbrennungen stattfinden. Aber sie hat auch das Ergebnis, die Bewegung der Assimilation (Aneignung) zu beschleunigen, d. h. den schon vorhandenen Geweben neue Moleküle aus den Produkten der Verdauung zuzuführen. Dieses zweite Ergebnis wiegt den ersten Erfolg wieder auf, und die durch die Arbeit erlittenen Verluste werden durch neue Erwerbungen ersetzt, welche die Folgen der Arbeit selbst sind.

Aber wenn die Verluste und Erwerbungen als Quantität im

Gleichgewicht stehen, so haben sie doch nicht dieselben anatomischen Elemente zum Gegenstand. Gewisse Gewebe werden durch die Verbrennungen der Muskelarbeit verbraucht, und es sind Gewebe ganz anderer Art, die von dem Wachstum des Ernährungsvorgangs Nutzen haben. Unter dem Einflusse der Arbeit wachsen die Muskeln, während das Fett abnimmt. Nun sind die Muskeln die Werkzeuge der Arbeit, und ihre stärkere Entwicklung vermehrt die Kraft des Menschen. Die Fette dagegen sind lästige Gewebe, nutzlos für die mechanische Ausführung der Bewegungen und nur dazu geeignet, die Arbeit auf verschiedene Weise zu hemmen. — Der Ernährungsvorgang wird also durch die Muskelarbeit in einem Sinne geleitet, der das Subjekt zur Arbeit tüchtiger macht.

Wenn man in die Einzelheiten der Bewegung eingeht, so sieht man, daß bei jeder Muskelanspannung das Blut in den Muskel strömt, die Bewegungsfaser badet und mit ihr während einer längeren Zeit in Berührung bleibt; so können die Elemente der Nährflüssigkeit sich auf den Elementen der Muskeln ablagern, deren Volumen sie allmählich vermehren. Das Fettgewebe unterliegt während der Arbeit chemischen Veränderungen, für welche seine Zusammensetzung es sehr geeignet macht. Es besteht aus Elementen, die eine große Verwandtschaft zum Sauerstoff haben; denn es ist aus Wasserstoff und Kohlenstoff zusammengesetzt. Nun ist der Sauerstoff das wirksamste Prinzip bei den Lebensverbrennungen. Auf Kosten der kohlenwasserstoffhaltigen Gewebe vollziehen sich vorzugsweise die chemischen Verbindungen in denen die Lebenswärme ihren Ursprung nimmt. Bei jeder Muskelanstrengung findet eine Wärmeausgabe im genauen Verhältnis zur Anspannungskraft statt, und nach den neuesten Theorien ist es die Verbrennung der Fette, welche die durch die Muskeln bei der Arbeit verausgabte Wärme unterhält.

Wenn wir jetzt die Konsequenzen aus diesen Tatsachen von unserem Standpunkt aus für die Fähigkeit zur Arbeit zu ziehen suchen, so werden wir finden, daß das allmähliche Verschwinden des Fettgewebes und die Vergrößerung des Volumens der Muskeln zwei Bedingungen sind, welche gleichermaßen die Arbeit begünstigen.

Die Vermehrung des Volumens der Muskelgewebe führt zu einer verhältnismäßigen Steigerung der Kraft des Subjekts. Man weiß in der Tat, daß die Spannkraft des Organs im direkten Verhältnisse zu seiner Durchschnittsfläche steht.

Die Verminderung der Fettgewebe erleichtert die Arbeit aus mehreren Gründen, die wir jetzt im einzelnen auseinandersetzen müssen.

An erster Stelle macht das Verschwinden der fettigen Massen, welche die Organe durchsetzen, den Körper leichter und erleichtert alle Bewegungen, welche den Zweck haben, den Ort zu verändern: den Marsch, den Lauf, den Sprung. Dies Ergebnis ist eins der wichtigsten und spielt eine Hauptrolle für die Methoden der Trainierung, die ihre Zöglinge auf Schnelligkeitsübungen einüben. Aber das Fett hemmt die Arbeit nicht nur durch sein Gewicht: es ist eine Ursache übermäßiger Erhitzung des Körpers während der Muskelarbeit; es widersetzt sich der ersten Abkühlung des Bluts, weil es ein schlechter Wärmeleiter ist: der in eine Fettschicht eingehüllte Körper sucht seine Wärme festzuhalten, wie wenn er mit einer dichten Schicht Watte bedeckt wäre. Wenn ein fettleibiger Mensch sich durch Arbeit erhitzt hat, so strahlt seine Erhitzung nur mit Mühe wieder durch die Fettschicht, die ihn bedeckt, nach außen ab und das Blut gelangt schwer zur Abkühlung. Wir können übrigens auch den Umkehrungsbeweis für dieses Faktum beobachten.

Sehr magere Tiere ertragen sehr schlecht die Kälte.

Die Rennpferde, welche die Trainierung ihrer Fettschichten beraubt hat, fürchten die Erkältung und können ungeachtet ihrer außerordentlichen Kraft ohne schwere Nachteile die warmen Decken und eine komfortabel eingerichtete Stallung nicht entbehren.

Endlich entspringt aus der Anhäufung von Fett im Organismus noch eine andere Ermüdungsursache: die Leichtigkeit, mit welcher dieses Gewebe dem Stoffwechselvorgang anheimfällt.

Man weiß, daß das Fett den eigentlichen Typ der Reservegewebe bildet. Diese Gewebe haben die Bestimmung, die überschüssigen Ausgaben an Kalorien zu bestreiten, welche der Mehraufwand an Muskelarbeit fordert; sie sind die im Körper

angesammelten Vorräte, welche stets bereit gehalten werden, um die Unkosten der Verbrennungsprozesse zu decken. Man könnte geradezu sagen, daß diese Materialien keinen eigentlichen Teil des Organismus bilden, sondern die Mitte halten zwischen den Organen, denen sie lediglich beigelagert sind, ohne in ihre innere Struktur aufzugehen, und den Nahrungsmitteln, aus denen sie entstehen und von denen sie wie eine tägliche Ersparnis abgesondert werden.

Die Reservegewebe haben, da sie bestimmt sind, zu verschwinden, also weniger Widerstandskraft als die Gewebe, welche den eigentlichen Grundstoff der Organe bilden; sie unterliegen somit in gesteigertem Grade den Verbrennungen der Lebenstätigkeit. Ein reichlich mit Fettgeweben ausgestatteter Mensch gibt bei gleicher Arbeit mehr Wärme aus, als ein Mensch von demselben Gewicht, der aber mit trockeneren Geweben ausgestattet ist, und bei dem die Muskeln vorherrschen. Die Verbrennungen scheinen sich bei einem fettleibigen Menschen nur schwer abzugrenzen und die Quantität der erzeugten Wärme überschreitet vielfach das von der Arbeit selbst geforderte Maß. Wenn ein Fettleibiger sein Fett verloren hat, so kann man sagen, daß dadurch die Leistungsfähigkeit seiner Muskeln gewonnen hat: ihre Spannkraft wird jetzt durch mäßigere Verbrennungen unterhalten und der kalorische Verbrauch beginnt sich immer mehr der Ziffer des mechanischen Äquivalents anzunähern.

Aber noch andere Ermüdungsfaktoren beginnen bei dem abmagernden Menschen zu schwinden in dem Maße, in dem zugleich seine Ausgabe an Wärme abnimmt: nämlich die Produkte des Stoffwechsels. Diese Produkte sind sehr verschieden nach der Natur der chemischen Kombinationen, welche die Quelle der erzeugten Wärme bilden; sie sind aber noch ungenügend ererforscht; man kann inzwischen nicht umhin, anzunehmen, daß ihre Zusammensetzung von derjenigen der Gewebe abhängt, aus denen sie entspringen. Man hat z. B. Grund zu glauben, daß die Fettgewebe, da sie in der Hauptsache aus Wasserstoff und Kohlenstoff bestehen, durch ihre Verbrennung, d. h. durch ihre Verbindung mit Sauerstoff, viel Kohlensäure und Wasser liefern.

Diese Meinung wird durch die Beobachtung bestätigt, die uns zeigt, daß fette Leute unter übrigens gleichen Bedingungen viel leichter außer Atem kommen als magere und auch mehr schwitzen.

Die mit einem Fettleib belasteten Menschen und Tiere sehen ihre Atmung in dem Grade leichter werden, in welchem sie die Trainierung von dem Überschuß des Fettgewebes befreit. Alle Trainer wissen sehr wohl, daß diese Wohltat nicht nur das Ergebnis der Verminderung des Gesamtgewichts des Körpers und der geringeren Arbeit ist, die sich daraus ergibt, z. B. beim Laufen. In der Tat, ein gut trainiertes Pferd, ebenso wie ein Boxer, der sich in vollkommener „Kondition" befindet, müssen ebenso viel wiegen, wie vor der Vorbereitung. Sie müssen am Muskelgewebe Neuerwerbungen gemacht haben, welche ihre Verluste an Fettgeweben aufwiegen.

Nach unserer Ansicht ist die Immunität gegen Atemlosigkeit zum großen Teil darauf zurückzuführen, daß die Abwesenheit von kohlenwasserstoffhaltigen Reserven die Verminderung der Verbrennungsprodukte bedingt, deren Basis Wasserstoff und Kohlenstoff und ganz besonders Kohlensäure ist. Ein gut trainiertes Subjekt muß bei gleicher Arbeit weniger Kohlensäure erzeugen, als vor der Trainierung.

Bei der Vorbereitung der Rennpferde legt man großen Wert darauf, das Fett verschwinden zu lassen, und man weiß sehr wohl, daß, wenn man die Gewebe vermindert, man die Atmung des Pferdes sehr erleichtert. Aber die Trainer geben uns dafür eine phantastische Erklärung: sie behaupten, daß das innere Fett die Bewegungen der Lunge erschwert und daß man durch dessen Unterdrückung diesen Organen freieres Spiel verschafft. Diese Erklärung ist völlig unzulänglich. Zunächst ist die Lunge von allen inneren Organen am wenigsten geneigt, sich mit fettigen Geweben zu durchsetzen. Aber mehr noch: die Immunität gegen Atembeschwerden während der Arbeit stellt sich bei allen trainierten Subjekten ein, auch wenn solche eine gewisse Quantität von Fett behalten, die größer ist als bei solchen Subjekten, die noch keine Trainierung durchgemacht haben.

In der Tat gibt es Subjekte, die nach dem fachmännischen

Ausdruck sich „fett trainieren", d. h. die trotz der Arbeit und der erlangten Fähigkeit sie auszuhalten, eine starke Dosis von fettigen Geweben behalten. Bei diesen Subjekten macht eine gewisse Quantität von Fett einen wesentlichen Bestandteil ihres Organismus aus, und dieser kann nicht verlustig gehen, wenn sie nicht gleichzeitig einen Teil ihrer Widerstandskraft einbüßen sollen. Dies ist allen Pferdekennern wohl bekannt und wird besonders in dem sehr geschätzten Werke von Stonehenge, über die Trainierung des Rennpferdes, hervorgehoben. Es gibt viele Pferde, welche die Schnelligkeit und die Atemkraft erwerben können, ohne darum ihren Fettbauch so vollständig zu verlieren wie die anderen. Wenn man die Zusammenkünfte von Leuten besucht, die sich der Gymnastik widmen, so sieht man, daß es bei der Gattung Mensch nicht anders sich verhält, als bei der Gattung Pferd, man begegnet nicht selten sehr gewandten Turnern und selbst Schnelläufern, die gleichzeitig einen sehr beachtenswerten Bauch und doch eine freie und gegen Atmungsbeschwerden gefestigte Respiration besitzen. Neben solchen Leuten sieht man täglich Menschen von geringem Körperumfang, die unter ihrer Haut kaum einige Millimeter Fettgewebe besitzen und die gleichwohl, da sie nicht trainiert sind, unvergleichlich schneller außer Atem kommen, als die nach Trainierung fett und dick gebliebenen Subjekte. Wenn das Fett nur durch sein Volumen beschwerlich fiele, so würde es sich nicht so verhalten; aber es belästigt hauptsächlich durch die Leichtigkeit, mit der es der Stoffwechselbewegung anheimfällt, oder mit anderen Worten, durch die Leichtigkeit, mit der es während der Arbeit verbrennt. Nun verbrennt nicht alles Fett mit derselben Leichtigkeit. Bei gewissen Temperamenten bildet das Fett einen wesentlichen Teil der Organstruktur, ist also ein konstitutionelles Gewebe, hat also sozusagen Bürgerrecht unter den anatomischen Elementen, mit denen es sich vereinigt. Bei gewissen anderen dagegen ist die Magerkeit die vorherrschende Eigenschaft des Temperaments und alles Fett, was sich in ihnen findet, ist ein überflüssiges Element, bildet keinen Teil der Konstitution, hat nur eine provisorische Bestimmung, nämlich die, mit der größten Leichtigkeit zu verschwinden. Bei den einen ist

das Fett ein konstitutionelles Gewebe, bei den anderen nur eine Reserve, ein Vorrat, der bei Bedarf vom Organismus verbraucht werden soll.

Es widerstreitet also den Tatsachen der Beobachtung von einem „inneren Fett“ zu reden, das verschwindet, und von einem „äußeren Fett“, das bleibt. Das Fett verteilt sich gleichmäßig über den ganzen Organismus, und wenn eine Ursache, wie die Arbeit, es verschwinden läßt, so sind die Teile, welche am meisten arbeiten, diejenigen, die zuerst abmagern.

Wenn man dickbäuchige Männer beobachtet, welche fechten, um mager zu werden, so sieht man bei ihnen, wie das innere Fett weit davon entfernt ist, zuerst abzunehmen; der Bauch ist diejenige Gegend, die ihren Fettvorrat mit der größten Zähigkeit festzuhalten sucht. Nichts ist unschöner als die Körperform in dieser undankbaren Periode, in welcher der Fettleibige an den Armen, der Brust und den Beinen abmagert, ohne jedoch etwas von seinem Bauch zu verlieren. Die Gegenden, die beim Fechten arbeiten müssen, haben ihre Fülle verloren; die Arme und die Beine erscheinen mager und die Brust, die unter dem Einflusse der Brustmuskelarbeit ausgetrocknet ist, erscheint eng und zurückgezogen, im Mißverhältnis zu dem Schmerbauch, der ebenso umfangreich geblieben ist, wie bei Beginn der Übung. Erst wenn er einige Wochen lang seine Übungen fortsetzt, erreicht der Fettleibige das Hauptziel seines Ehrgeizes, das Verschwinden des Bauches. Nun aber ist die Atmung lange vor dem Verschwinden der Fettmassen des Unterleibs leicht geworden und die Atembeschwerden haben abgenommen, obwohl das Fortbestehen des Bauches die Bewegung der Lunge, wenn sie sich in vertikaler Richtung ausdehnt, nicht wenig erschweren muß.

Die Minderung der Atemnot bei einem Menschen oder bei einem Pferde, das man trainiert, ist viel weniger auf die größere Bewegungsfreiheit der Lunge zurückzuführen infolge von Verminderung des Fettes in deren Umgebung, als vielmehr auf die geringere Produktion von Kohlensäure infolge des Verschwindens der Verbrennungsvorräte, welche dieses Gas in zu großer Menge entwickeln ließen.

Die auf Geschwindigkeitsarbeit eingeübten Subjekte erlangen sehr rasch die Fähigkeit, nicht mehr außer Atem zu kommen, weil gerade die Geschwindigkeitsarbeit die Fetteinlagerungen am schnellsten beseitigt. Die Verbrennung der Fettgewebe durch die Tatsache der Arbeit selbst erklärt in hinreichender Weise, warum die Muskelübung allmählich dahin führt, daß der Mensch nicht mehr so leicht außer Atem kommt. Der eingeübte Mensch besitzt in seinem Organismus nicht mehr die Stoffe, die geeignet sind, dieses Übermaß von Kohlensäure zu erzeugen, welches die Atembeschwerden verursachte, die man empfand, bevor man sich an die Übung gewöhnt hatte. Das Verschwinden dieser stark wasserstoffhaltigen Gewebe erklärt auch die geringere Neigung des trainierten Menschen zum Schwitzen. Der Schweiß ist zum größten Teil Wasser, und die Oxydation eines wasserstoffhaltigen Elements muß selbstverständlich ein Übermaß dieser wässerigen Ausscheidung veranlassen.

Das Außeratemkommen ist nicht die einzige Form der Ermüdung, wie auch die Fette nicht die einzigen Reservegewebe sind. Durch die Arbeit werden auch stickstoffhaltige Verbrennungsstoffe erzeugt, die sich nicht aus den kohlenwasserstoffhaltigen Geweben ableiten lassen. Es gibt unter den Reservegeweben albuminhaltige Elemente, und von diesen stammen die stickstoffhaltigen Ausscheidungen im Urin, die man in dem Grade abnehmen sieht, in welchem man sich längere Zeit fleißiger Muskelarbeit unterzogen hat.

Diese Gewebe spielen bei Erzeugung der *Steifheit* dieselbe Rolle, die dem Fett bei der Erzeugung der Atembeschwerden zukommt. Das fettige Gewebe läßt, wenn es verbrennt, die Kohlensäure und andere kohlenstoff- und wasserstoffhaltige Produkte entstehen; die stickstoffhaltigen Gewebe lassen, wenn sie der Verbrennung unterliegen, eine ganze Reihe von stickstoffreichen Verbindungen zurück, deren typische Beispiele die Harnsäure und die verschiedenen Extraktivstoffe sind. Nach unserer Ansicht, — und wir hoffen dies durch genügend hinreichende Argumente bewiesen zu haben — sind die stickstoffhaltigen Verbrennungsabfälle, die sich während der Arbeit bilden und sich danach zeitweilig im Blut aufhalten, die Ur-

sache des allgemeinen Übelbefindens mit oder ohne Fiebererscheinungen, welches die nachfolgende Müdigkeit oder Steifheit bezeichnet.

Bei dem an Arbeit gewöhnten Menschen stellen sich die nachfolgendenMüdigkeitsbeschwerden nicht ein. Dies ist eines der auffälligsten Ergebnisse der Trainierung, und dieses Resultat würde vollständig unerklärbar sein, wenn man nicht annehme, daß die tägliche Übung aus dem Körper dasjenige organische Element verschwinden macht, welches die Phänomene der nachfolgenden Mattigkeit verursacht. Dieses Element ist nach uns die stickstoffhaltige Reserve, welche die Muskeln enthalten. Wir denken uns, daß diese stickstoffhaltigen Reservestoffe in den Muskeln selber sitzen. Die Beobachtungstatsachen zeigen in der Tat, daß Menschen, die eine bestimmte Form der Übung sich angewöhnt haben, ihre Immunität gegen Ermüdung sofort verlieren und den allgemeinen Wirkungen der Steifheit unterliegen, wenn sie sich einer davon verschiedenen Übung widmen wollen, die fordert, daß Muskeln ins Spiel treten, welche durch die Arbeit noch nicht modifiziert sind und ihre Reservegewebe noch nicht verloren haben.

Die Übung modifiziert also den Muskel nicht nur, indem sie seine Elemente wachsen läßt, sondern auch, indem sie seine Struktur verändert, aus dem Organ nicht nur das Fett ausscheidet, sondern auch die stickstoffhaltigen Stoffe, welche geeignet sind, übermäßige Verbrennungsabfälle zu hinterlassen, aus denen die Selbstvergiftung des Organismus und die damit verbundene nachfolgende allgemeine Müdigkeit entspringt.

Je mehr man somit den Tatbestand der Arbeit zerlegt, um so mehr sieht man ein, daß die häufige Wiederholung der Muskelbewegung in der Ernährung der lebendigen Gewebe stoffliche Veränderungen hierbeiführt, die imstande sind, den Organismus vor den verschiedenen Unwohlseinszuständen der Müdigkeit sicher zu stellen.

III. MODIFIKATION DER FUNKTIONEN DURCH DIE ARBEIT

Vermehrung der Spannkraft des Muskels · Wahrscheinliche Vervollkommnung der Leistungsfähigkeit der Nerven · Vervollkommnung der Fähigkeiten zur Koordination der Bewegungen · Die Erziehung des Muskelsinns · Die Beherrschung der Reflexe durch den Willen; Regelung der Atembewegungen · Modifikation des Nervensystems durch Muskelübung · Stoffliche Veränderungen der Nervensubstanz · Sind sie rein hypothetisch? · Eine Beobachtung des Doktor Luys · Die funktionellen Modifikationen des Nervensystems · Das Gedächtnis des Rückenmarks; sein Nutzen bei der Ausführung oft wiederholter Bewegungen · Die seelischen Modifikationen durch Gewöhnung an die Arbeit · Die Gewandtheit · Der physische Mut · Unglaubliche Energie der Boxer

Wir haben die stofflichen Veränderungen erörtert, welche der Organismus unter dem Einfluß der Arbeit erleidet; wir haben gesehen, wie die Übung als mächtiger Modifikator des Ernährungsvorgangs die Organe umwandeln und die Struktur der Körpergewebe gründlich verändern kann. Der an Arbeit gewöhnte Mensch bietet schon in seiner äußeren Bildung auffallende Eigentümlichkeit dar, er besitzt ebenso charakteristische Eigentümlichkeit des inneren Baus. Alle Räder der menschlichen Maschine haben sich allmählich an ein intensiveres Arbeiten gewöhnt, wie es ihr täglicher Bedarf fordert, und sie haben eine stoffliche Vollkommenheit erlangt, die sie tauglicher für ihre Funktionen macht.

Der Mensch hat sich unter dem Einflusse der Übung physisch umgewandelt, und wenn man die Veränderungen, die sein Organismus erlitten hat, in dem er von der untätigen Lebensweise zu Gewöhnung an Arbeit überging, in zwei Worte zusammenfassen will, so muß man sagen, daß alle Teile des Organismus, die geeignet sind, die Ausführung der Arbeit zu erleichtern, sich entwickelt haben, und daß alle Stoffe, die der Ausführung der Bewegungen hinderlich sein können, eine Ver-

minderung an Volumen erlitten haben und zu verschwinden suchen.

Aus diesen beiden Reihen organischer Veränderung entspringen zwei verschiedene Fähigkeiten als Ergebnisse der Gewöhnung an Arbeit: die Fähigkeit, energischere Bewegungen zu machen infolge der größeren Entwicklung der Bewegungswerkzeuge; die Fähigkeit, länger intensive Muskelanstrengung auszuhalten infolge des Verschwindens der Reservegewebe, deren allzu reichliche Stoffwechselprodukte die Selbstvergiftung des Körpers herbeiführten, welche die wirksamste Ursache der Zufälle der Übermüdung bildeten.

Die stofflichen Veränderungen im menschlichen Körper infolge regelmäßig durchgeführter Arbeit können zum großen Teil die Vermehrung der Kraft und den Widerstand gegen Ermüdung erklären. Aber man hätte nur eine unvollständige Vorstellung von den Wohltaten der Angewöhnung, wenn man nicht auch noch eines anderen Vorzugs gedächte, welchen der Mensch durch Übung seiner Muskeln erlangt: dieser ist die Vervollkommnung aller Funktionen, die direkt oder indirekt bei der Ausführung der Arbeit mitwirken.

I

Unter dem Einfluß einer täglichen wohlgeleiteten Übung werden die Muskeln nicht nur umfangreicher und fester: sie werden auch elastischer. „Die Muskeln eines trainierten Menschen spannen sich mit außerordentlicher Kraft unter dem Einfluß eines elektrischen Schlages," sagte schon vor langer Zeit Royer-Collard in seiner Denkschrift über die Trainierung der englischen Boxer. Die Muskelfaser erlangt durch die Übung eine Vermehrung ihrer kontraktilen Fähigkeit und kann den Befehlen des Willens kräftiger entsprechen ebenso wie der Reizung eines elektrischen Stromes. Auch bemerkt man, daß bei gleichem Volumen ein an Zusammenziehung gewöhnter Muskel stärker ist, als ein lange Zeit untätig gebliebener.

Dieselbe Vervollkommnung läßt sich bei den Atmungsfunktionen unter dem Einfluß der Arbeit beobachten. Die Lungen haben durch die Übung nicht nur eine stärkere Entwicklung

erworben: sie haben außerdem eine größere Fähigkeit erlangt, ihre Bewegungen inmitten der heftigen Störungen, die die Arbeit in dem Organismus verursacht, mit Ruhe und Regelmäßigkeit auszuführen.

Bei einem an die anstrengende Übung gewöhnten Menschen behält der Atem lange Zeit seinen regelmäßigen Rhythmus, während er bei einem an Untätigkeit gewöhnten Menschen bald gestört wird.

Selbst das Herz, abgesehen davon, daß es durch eine wohlgeleitete Übung eine für die Arbeit günstigere Struktur erlangt, indem es sich des Fettes entledigt, das es belasten konnte, selbst das Herz, sagen wir, verlangt eine regelmäßige Funktion. Es strebt jene übermäßige Eindrucksfähigkeit los zu werden, die einen Menschen bei Beginn einer Übung, bei der geringsten Veränderung der arteriellen Spannung und der geringsten Steigerung der Temperatur des Blutes erregt: er regt sich unter dem Einfluß der anstrengenden Bewegungen nicht mehr auf.

Um diese Tatsachen mehr zu präzisieren, als um sie zu erklären — denn eine befriedigende physiologische Erklärung ist bislang nicht dafür gegeben — wird ein Vergleich dienlich sein können. Ein Mensch, der sich an Arbeit gewöhnt, vervollkommnet seine Organe und wird damit einem Arbeiter vergleichbar, der seine Arbeiten mit verbesserten Werkzeugen ausführt. Aber der Arbeiter lernt auch von Tag zu Tag mehr, sich seiner Werkzeuge zu bedienen und von ihnen den möglichst vorteilhaftesten Gebrauch zu machen. Ebenso wird der Mensch, der seinen Körper täglich übt, geschickter, seine Organe auszunützen und aus ihnen größere Arbeitsleistungen zu gewinnen, weil er sich ihrer besser zu bedienen lernt.

Die rein funktionellen Vervollkommnungen, die man infolge der Einübung im Spiel der Organe beobachtet, sind keineswegs so auffällig, wie diejenigen der Ausführung der Bewegungen.

Jede Bewegung, sei sie scheinbar auch noch so lokalisiert, ist, wie wir im Einzelnen nachgewiesen haben, ein Akt, der die Mitwirkung mehrerer Muskeln fordert, die sich als synergetische

(mitwirkende) und antagonistische (gegenwirkende) unterscheiden. Dem Zentralnervensystem dagegen kommt die Rolle zu, bei einer Gesamtarbeit alle Muskeln, die zu einer und derselben Bewegung zusammenwirken müssen, zu leiten und jedem gerade denjenigen Arbeitsanteil zuzuweisen, der ihm gebührt.

Nehmen wir an, daß eine bestimmte Anzahl von Menschen beauftragt sei, schwere Lasten zu befördern. Wenn diese Menschen auch noch so stark sind, aber schlecht geleitet werden, so werden ihre Bewegungen sich untereinander hemmen; wenn ihre Anzüge und Stöße nicht gleichmäßig stattfinden, so werden ihrer zehn nicht dieselbe Arbeit leisten können, die fünf gut kommandierte und an gemeinsame Arbeit gewöhnte Menschen verrichten können.

Ebenso wird ein Turner, der über ein gut eingeübtes Muskelsystem verfügt, d. h. über Muskeln, die eingeübt sind, zur Ausführung derselben Bewegung mitzuwirken, mehr Arbeit leisten, als ein Mensch von größerer Kraft, der es aber nicht versteht, sich seiner Glieder zu bedienen.

Die Arbeitsleistung, deren ein Mensch fähig ist, hängt nicht nur von der wirklichen Kraft seiner Muskeln ab, sondern auch von der Art, wie er dieselbe anzuwenden versteht.

Die Erziehung der Muskeln führt zu einer Kraftersparnis in den Bewegungen. Jede Muskelanspannung bei einem gut eingeübten Menschen hat einen direkten und nützlichen Erfolg für die bezweckte Bewegung; bei einem ungeschickten Menschen werden viele Muskeln in ihrem Effekt durch ungeschickte Gegenwirkung der antagonistischen Muskeln beeinträchtigt; erst infolge vielfach unbewußter und oft wiederholter Tastversuche lernt der Wille, an welchen Muskel er sich zu wenden hat, um die gewollte Bewegung zu erlangen. Jede Bewegung vervollkommnet sich durch die Erlernung, weil ihre Ausführung schließlich denjenigen Muskeln anvertraut wird, die zu ihrer Verrichtung am tauglichsten sind.

Man möchte sich versucht fühlen zu glauben, daß jeder Muskel eine im voraus bestimmte Aufgabe hat, und daß es genügt, einen Teil des Körpers in einer gegebenen Richtung einzustellen, um unmittelbar die Muskelgruppe zu finden, der die

Ausführung der Bewegung anzuvertrauen ist; die gewöhnlichen Bewegungen des Lebens vollziehen sich ohne Tastversuche und es genügt, eine gewohnte Bewegung des Armes und der Beine zu wollen, um sie auszuführen. Im allgemeinen ist es einem Menschen und selbst einem Affen leicht, eine Bewegung oder Haltung, die man ihm vormacht, nachzuahmen, weil es sich dabei in der Regel nur um schon manches Mal ausgeführte Muskelakte handelt, die er zu reproduzieren hat. Aber es verhält sich anders mit neuen Bewegungen, an die der Körper noch nicht gewöhnt ist, und es bedarf einer ständigen Praxis, um gewisse Bewegungen zu erlernen, die man noch nicht kennt, oder selbst um Bewegungen, die man schon kennt, zu vervollkommnen.

Es gibt nur eine einzige nützliche Art und Weise, die Bewegungen zu erlernen: nämlich man muß sie ausführen. Nur wenn man selbst handelt, begreift man leicht, daß es für jeden Akt, selbst für den unbedeutendsten, mehrere Verfahrensarten gibt, deren Varianten dem Zuschauer fast nie entgehen, die aber von dem Ausführer der Bewegung empfunden werden. Man gelangt nun durch das Lernen dahin, eine Auswahl zwischen diesen verschiedenen Verfahrensarten zu treffen und natürlich sich für diejenige zu entscheiden, welche die größte Kraftersparnis für dieselbe Arbeit darstellt.

Daher die große Schwierigkeit, die wirkliche Kraft eines Individuums abzuschätzen, wenn man nur den Maßstab seines Erfolges zur Grundlage hat. Man kann behaupten, daß kein Dynamometer, von welcher Art er auch sei, ein genaues Maß für die Kraft des Menschen geben kann, weil es eine bestimmte Art gibt, auch den Dynamometer zu schlagen, ihn zu ziehen oder zu pressen.

Was gibt es scheinbar Roheres und weniger der Muskelerziehung Zugängliches, weniger von der Gewandtheit des Subjekts Abhängiges, als die Handlung, mit einem schweren Hammer im Armschwung auf einen Ambos zu schlagen? Gleichwohl hängt die Kraft des Schlages keineswegs allein von der Stärke des Schmiedes ab. Alle Welt kann auf unseren Messen eine Art von Kraftmesser kennen lernen, der aus einem senkrechten

Pfahl besteht, an dessen unterem Teil sich eine wagerechte Platte befindet. Der Mensch, der seine Kraft messen will, schlägt mit einem langstieligen Hammer auf diese Platte. Die Erschütterung des Hammers teilt sich mit Hülfe eines Mechanismus einer beweglichen Puppe mit, die senkrecht an dem Pfahl in die Höhe steigt. Die Höhe, bis zu der sich die Puppe erhebt, mißt die Kraft des Hammerschlags. Nun können es gewöhnlich keineswegs die kräftigsten Männer die Puppe zu einer so großen Höhe emportreiben, wie der Eigentümer der Maschine, der oft nur im Besitz mittelmäßiger Kräfte ist, aber Zeit gehabt hat, sich auf seine Maschine und die Art, wie man sich ihrer bedient, einzuüben. Es giebt eine besondere Art, den Hammerschlag zu führen. Diejenigen, die den Handgriff nicht kennen, halten den Schlag auf, d. h. sie lassen bei der Bewegung Muskeln mitspielen, deren Zusammenziehung der vorteilhaftesten Ausführung der Bewegung hinderlich ist. Aus der antagonistischen Wirkung dieser Muskeln entspringt die Verteilung des Stoßes und obgleich die Ausgabe an Muskelkraft viel beträchtlicher ist, da eine viel größere Zahl von Muskeln ins Spiel tritt, ist der augenscheinliche Erfolg geringer.

Es gibt eine Art zu marschieren, eine Art zu laufen, eine Art eine Last zu heben, mit der geringst möglichen Anstrengung. Die Gewohnheit, eine Übung auszuführen, gelangt also zu einer Verringerung des Muskelaufwandes, zu einer Arbeitsersparnis, aus welcher die anscheinende Vermehrung der Kräfte des eingeübten Menschen entspringt.

Der Einfluß der Erziehung oder der freiwilligen Erlernung macht sich nicht nur bei den Muskelbewegungen geltend: alle großen Funktionen modifizieren ihr Spiel, um sich den Bedürfnissen der Tätigkeit anzupassen, die man täglich von ihnen verlangt. Wenn der Pianist seine Finger mit Präzision und Schnelligkeit zu bewegen lernt, so lernt es der Sänger, tief zu atmen und seine Atemzüge dermaßen abzumessen, daß er den Gesang nicht durch unzeitiges Atemholen zu unterbrechen braucht.

Bei anstrengenden Übungen hat die Erziehung des Atmens eine wesentliche Bedeutung. Erfahrene Läufer kommen dahin, die Reflexwirkungen der Atembewegung zu beherrschen und

weite und tiefe Atemzüge zu machen, während die Anfänger, indem sie ohne Widerstand den Bedürfnissen ihrer ungeübten Lungen nachgeben, durch allzu übereilte und zu kurze Bewegungen des Brustkastens außer Atem geraten. Man kann dahin gelangen, seinen Atem mit Hülfe bestimmter methodisch zu erlernender Grundsätze zu regeln, aber man gelangt dazu, wenn auch nicht so schnell, zum mindesten ebenso sicher, wenn man sich den mehr oder weniger unbewußten Tastversuchen überläßt, die jede neue Übung begleiten.

Indem man alle Tage einer anfänglich unwiderstehlichen Reflexbewegung widersteht, ist es nicht unmöglich, dahin zu gelangen, dieser Bewegung Herr zu werden. Die Personen, welche ihre Tränen oder ihr Lachen zurückhalten, die ein Niesen unterdrücken oder einen Hustenanfall zurückhalten, bilden den Beweis, daß der energisch angespannte Wille in wirksamer Weise einen instinktiven Anreiz und ein organisches Bedürfnis niederzukämpfen vermag.

Umgekehrt kann man dahin kommen, wenn man sich allen unwillkürlichen Bewegungen überläßt, wahre Krankheiten an sich hervorzurufen. Gewisse Kranke, welche die Gewohnheit annehmen, übermäßig zu husten, schaffen sich schließlich alle Arten von *nervösen Husten*, gegen welche jegliches Heilmittel versagt, weil man das einzig Gute, nämlich den hartnäckigen Willenszwang, nicht anwendet.

Die Erziehung der Reflexe, die Herrschaft über die Organe, mit einem Worte, die Unterwerfung der gewöhnlich unwillkürlichen Bewegungen unter die Befehle des Willens kann also zu einer großen Verminderung der Ermüdung bei den körperlichen Übungen führen.

II

Die rein funktionellen Modifikationen, die im Organismus infolge von Angewöhnung eintreten, können keinem anderen Faktor zugeschrieben werden, als demjenigen, der alle organischen Funktionen regelt, d. h. dem Nervensystem.

Das Nervensystem ist es, welches alle Funktionen lenkt und das Spiel aller Organe unter seiner Herrschaft hält. Wenn

irgendeine Störung an der Struktur der Ernährung oder auch bloß in der Tätigkeit des Nervensystems eintritt, so läßt sich unmittelbar feststellen, daß die organischen Funktionen verschiedene Störungen erleiden, und zwar trotz vollkommener Unverletztheit der Apparate, welche sie ausführen. Auf seiten der Muskeln sieht man Lähmungen, Zusammenziehungen, selbst Krämpfe bei den leichtesten Verletzungen des Gehirns, des Rückenmarks oder der Nerven eintreten. Man sieht auch auf seiten der inneren Organe tief eingreifende Störungen in der Häufigkeit, im Rhythmus oder in der Intensität der Bewegungen des Herzens und der Lunge, und alles dies bei Abwesenheit jeglicher Verletzung der Apparate der Atmung und des Blutumlaufs, lediglich unter dem Einfluß einer vorübergehenden Zirkulationsstörung in gewissen Nervenzentren.

Endlich können die Drüsen selbst eine vollständige Störung in der Ausscheidungstätigkeit erleiden, bei der geringsten Verletzung der Nerven, welche sie beeinflussen.

Man kann sogar dem Nervensystem und den Modifikationen seiner Elemente die Vervollkommnungen zuschreiben, die man im Spiel der Organe in solchen Fällen beobachtet, wo diese Organe selbst uns keine Strukturveränderungen zeigen, die dafür eine Erklärung bieten. — Wenn ein Muskel, nachdem er das höchste Maß von Entwicklung erreicht hat, immer noch fortfährt, die Kraft in der Arbeitsleistung zu steigern, und zwar, ohne weiter zu wachsen, so kann man diese rein *dynamische* Zunahme seiner Kraft nur einer — bekannten oder nicht bekannten — Veränderung desjenigen Teiles des Nervensystems zuschreiben, welcher seine Bewegung leitet.

Nun kann man, wenn man das Nervensystem eines an Arbeit gewöhnten Menschen untersucht, keinerlei auffällige Veränderungen weder des Gehirns noch des Rückenmarks wahrzunehmen. Es ist unmöglich, zwischen der Nervensubstanz eines sich körperlichen Übungen widmenden Menschen und eines solchen, der nicht mit den Muskeln arbeitet, irgendeinen charakteristischen Unterschied zu entdecken, wie ein solcher sich an der Muskelfaser in Vergleich des Zustandes der Arbeit und der Untätigkeit aufdrängt. Gleichwohl verwehrt uns die

Überlegung anzunehmen, daß das Gesetz der Umwandlung der Organe durch Übung sich auf alle organischen Apparate des Körpers erstrecke mit Ausnahme eines einzigen. Es ist bewiesen, daß die graue Substanz des Gehirns ein unentbehrliches Organ für die Ausführung bewußter Bewegungen ist: wie sollte man nun glauben, daß seine Ernährung keinerlei Einfluß erlitte und keinerlei Spur der wiederholten Tätigkeit behielte, wenn wir doch sehen, daß sämtliche mit der Arbeit auch nur mittelbar verknüpften Organe, die Lunge und die Haut z. B., äußerlich und innerlich dem Auge des Beobachters die Arbeitsgewohnheiten des Subjektes verraten?

Wenn bewiesen ist, daß die „Funktion das Organ schafft", wenn die Arbeit die Werkzeuge verändert, mit welchen sie verrichtet wird, so muß die Muskelübung notwendigerweise auch Modifikationen im Gehirn verursachen, in diesem zur Ausführung der bewußten Bewegungen unentbehrlichen Werkzeug. Die Nervenarbeit, die sich in der grauen Hirnsubstanz vollzieht, um den Muskel auf Befehl des Willens in Tätigkeit zu bringen, muß die Ernährung dieses Teils des Gehirns ebensogut beeinflussen, wie die Muskelanspannung die Ernährung des Muskels.

Die Modifikationen der motorischen Hirnzellen unter dem Einfluß der Muskelarbeit sind noch nicht de visu konstatiert worden, und die Beobachtung hat unsere Anschauungsweise, die zweifellos berechtigt ist, wenn man Analogieschlüsse machen darf, noch nicht bestätigt. Immerhin gibt es wenigstens eine Beobachtung, die als indirekter Beweis für diese Hypothese dienen kann. Diese Beobachtung wird von Dr. *Luys* in seinem Buche über das Gehirn angeführt und beweist, daß infolge des Verlustes der Funktion eines Gliedes gewisse Teile der grauen Substanz des Gehirns einer Atrophie unterliegen, infolge der Untätigkeit der motorischen Zellen. Wenn der Mangel an Tätigkeit die Verkümmerung der Zellen bewirkt, die gewissen Bewegungen vorstehen, so kann man sich dem Zugeständnis nicht entziehen, daß umgekehrt ihre häufige Tätigkeit bestrebt sein muß, sie stärker zu entwickeln.

Es ist also wahrscheinlich, daß gewisse Teile des Gehirns,

welche den bewußten Bewegungen vorstehen, sich durch Muskelarbeit entwickeln, wie gewisse andere Teile dieses Organs, die mit der Ausführung rein geistiger Tätigkeiten betraut sind, sich durch die intellektuelle Arbeit entwickeln. Gewisse Teile des Nervensystems bilden einen Teil der Bewegungsorgane, und wir können nicht glauben, daß das überall bestätigte Gesetz: *Die Funktion macht das Organ* für die Nervenelemente nicht dieselbe Bedeutung haben sollte wie für alle anderen an der Arbeit beteiligten Elemente. Die stofflichen Veränderungen des Gehirns unter dem Einfluß der Arbeit erstrecken sich übrigens aller Wahrscheinlichkeit nach auch auf das Rückenmark und die motorischen Nerven.

Der motorische Nerv übermittelt dem Muskel den Willensbefehl, aber wir haben gesehen, daß die Reize, welche den Nervenfaden durchlaufen, sich in dem Maße, wie sie seine Fasern durchströmen, verstärken, wie dies von *Pflüger* bei Aufstellung seines Gesetzes der Lawine formuliert. Der Nerv ist ein Verstärkungsapparat nicht minder als ein Leitungsorgan. Man hat Anlaß zu glauben, daß eine noch unbekannte Modifikation der Moleküle seine Kraft vergrößert und somit einem verhältnismäßig geringeren Willensantrieb es ermöglicht, den Muskel mit größerer Energie zusammenzuziehen. Jedenfalls scheint der an Muskelbewegung gewöhnte Mensch ohne Anstrengung eine beträchtlichere Arbeit leisten zu können, und zwar ohne daß die Vermehrung seiner Muskelfasern ausreichte, um die größere Leichtigkeit zu erklären, mit welcher sie sich zusammenziehen. Der Nerv scheint einen mäßigen Reiz, der ihn durchströmt, in einen energischen Reiz umzuwandeln, und der an Arbeit gewöhnte Mensch führt *ohne besondere Willensanstrengung* Bewegungen aus, die ihm früher eine übermäßige Anspannung des Willens kosteten.

Was das Rückenmark betrifft, so erwirbt es durch die Arbeit Fähigkeiten, die ohne eine gleichzeitige organische Modifikation nicht begreiflich erscheinen; es erlangt nämlich ein Gedächtnis für oft wiederholte Bewegungen, und man kann bei einem Tiere, das man seines Hirns beraubt hat, komplizierte Muskeltätigkeiten, wie z. B. den Gang, sich automatisch vollziehen

sehen, ohne daß der bewußte Wille dazu erforderlich ist. Das Gedächtnis des Rückenmarks bildet eine große Hülfe bei der Ausführung gewisser Bewegungen, die eine schnelle Zusammenordnung fordern. Die Fähigkeit des durch Übung erlangten Automatismus kommt uns alle Tage bei der Ausführung schwieriger und schneller Bewegungen zustatten. Beim Fechten z. B. werden gewisse oft ausgeführte Paraden automatisch und vollziehen sich mit solcher Geschwindigkeit, daß wir unmöglich die Zeit gehabt haben können, ihre Bewegungen bewußt zusammen zu ordnen. Wie könnte das Rückenmark die Fähigkeit erlangen, automatisch und ohne bewußte Unterstützung des Gehirns eine sehr komplizierte Bewegung auszuführen, wenn nicht die häufige Wiederholung dieser Bewegung in den Nervengeweben, die sie hervorrufen, dauernde Spuren zurückgelassen hätte?

Wird man es seltsam finden, von einer Bewegung sprechen zu hören, die eine materielle Spur im Nervengewebe zurückläßt? Aber würde man nicht auch vor zwanzig Jahren es seltsam gefunden haben, wenn jemand behauptet hätte, daß ein ausgesprochenes, artikuliertes Wort auf einer dünnen Metallplatte einen Eindruck zurücklassen könne, der imstande sei, dasselbe zu reproduzieren? Und doch hat uns der Phonograph bewiesen, daß dieses Phänomen keine Chimäre war.

Somit ist es schwer durch direkte Argumente zu beweisen, daß das Nervensystem an den organischen Veränderungen des menschlichen Körpers teilnimmt, wenn dieser sich durch die Arbeit umwandelt. Es wird ohne Zweifel noch schwieriger sein wissenschaftlich zu beweisen, daß auch die seelischen Fähigkeiten dem Einflusse der Muskelübung unterliegen und sich durch die Arbeit selbst in einem der Ausführung einer täglich verrichteten Übung günstigen Sinne verändern. Und doch ist es unbestreitbar, daß gewisse Seelenvermögen bei der Leibesübung ins Spiel treten, um die Muskelanspannung hervorzurufen und die Bewegungen zusammen zu ordnen; es ist auch unbestreitbar, daß diese Fähigkeiten sich durch körperliche Übung entwickeln und vervollkommnen lassen.

Die Fähigkeiten, welche der Zusammenordnung der Bewegungen vorstehen, entwickeln sich durch die Ausführung schwie-

riger Übungen und ihre Vervollkommnung stattet das Subjekt mit derjenigen Eigenschaft aus, die man als *Gewandtheit* bezeichnet.

Das Vermögen, welches einem Muskel befiehlt zu handeln und ihm den unentbehrlichen Reiz verschafft in Kontraktion zu treten, heißt der *Wille*; auch er entwickelt und vervollkommt sich durch die häufige Wiederholung seiner Tätigkeit. Er offenbart seine erlangte Herrschaft in der Sphäre der Bewegung durch größere Ausdauer in der Anspannung, durch größere Zähigkeit im Muskelakt. Das Subjekt, welches täglich unter Verachtung der verschiedenen Unlustzustände der Ermüdung energische und ausdauernde Muskelanstrengungen aushält, erlangt in der Tat eine größere *Willenskraft*, und hieraus entspringen dann wieder gewisse auffällige Veränderungen seiner moralischen Anlagen. Die Gewöhnung an Arbeit verleiht einem Menschen eine größere Energie des Willens im Sinne einer bewegenden Kraft, und aus dieser gleichzeitig seelischen und physischen Veränderung entspringt jene besondere Form des Muts, die man als *physischen Mut* bezeichnet.

Der physische Mut wird bei Menschen augenscheinlich durch die Gewöhnung an Muskelübung verstärkt. Fast ausschließlich sind es Männer, die an schwere Körperarbeit gewöhnt sind oder sich anstrengenden Übungen widmen, an denen man Züge von Kühnheit und Tatkraft beobachtet. Wenn man auf der Straße sieht, daß ein Passant sich einem durchgehenden Pferde an Hals und Zügel wirft oder einen gefährlichen Verbrecher festzuhalten versucht, so kann man fast immer darauf wetten, daß es entweder ein an schwere Arbeiten gewöhnter Handwerker oder ein durch körperliche Übungen gestählter Sportsmann ist. Die Praxis der Muskelarbeiten und die Gewöhnung an körperliche Übung befähigt den Menschen, der äußeren Gefahr in allen ihren Formen zu trotzen. Der bemerkenswerteste Fleiß der Entwicklung des physischen Mutes durch die Gewöhnung an Arbeit wird uns durch das in England so häufige Schauspiel der Boxerkämpfe geliefert. Die Vorbereitung der Boxer ist von allen Formen der Trainierung diejenige, welche die vollkommenste Anpassung des Körpers an Muskeltätigkeit bis zu ihrer äußersten

Grenze anspannt. Gleichzeitig aber fordert sie Widerstandskraft gegen Ermüdung und Steigerung der Kraft, die regelmäßigen Ergebnisse der Gewöhnung an Arbeit, und der Boxer gewinnt so eine Willensenergie, eine Ausdauer im Kampf, die oft jeden Glauben überschreitet.

„In einem berühmt gewordenen Preiskampf zwischen Maffey und Macarthey, der 4 Stunden 45 Minuten dauerte, fiel einer von ihnen 196 mal betäubt zu Boden, bevor er sich für besiegt erklärte.[1]"

Bei einem anderen Kampfe erhielt der eine von beiden Kämpfern im ersten Gange einen Faustschlag, der ihm den linken Arm zerbrach. Er ließ sich das gebrochene Glied mit einer Schärpe verbinden und hielt dem Gegner noch fünfviertel Stunden Stand bis zu dem Augenblicke, in dem ein letzter Schlag, der ihn für mehrere Minuten bewußtlos machte, ihn zwang, sich für besiegt zu erklären.

Diese unglaubliche Willenskraft, die ihn so schreckliche Schläge aushalten läßt, schöpft der Boxer nicht etwa aus dem Zorn. Wenn Anzeichen von Wut das übliche Lächeln von den Lippen eines der Kämpfer verdrängen, so geben erfahrene Wettspieler ihn auf und sein Gegner wird ihr Favorit. Lediglich die Trainierung, d. h. die Gewöhnung an anstrengende und ausdauernde Muskelarbeit verschafft diesen Menschen, die Royan Collard als „eine ganz besondere, von anderen verschiedene Art"[2] bezeichnet, eine so überraschende Energie.

[1] Leboucher, Manuel de boxe. [2] Royer-Collard, l. c.

IV. DAS TRAINIEREN

Verschiedene Bedeutungen des Wortes Trainieren · Trainieren, wie wir es verstehen, ist Anpassung des Organismus an die Arbeit · Natürliche und methodische Trainierung, die Methoden des Trainierens; seltener Gebrauch derselben in Frankreich; sehr verbreitete Anwendung in England · Trainierung der Boxer · Trainierung der Ruderer · Ein Beispiel der Methode · Physiologische Erklärung des Tatbestandes · Der Verlust; die Nahrungsweise; die Hautpflege · Wesentliche Bedeutung der Muskelarbeit bei der Trainierung · Das Temperament des trainierten Menschen · Nutzen und Nachteile des körperlichen Zustandes des Trainierten

Wir nennen Trainieren eine Gesamtheit von Verfahrensarten, deren Zweck es ist, einen Menschen oder ein Tier möglichst vollkommen und möglichst bald tauglich zu machen, eine bestimmte Arbeit auszuhalten.

Das Wort Trainieren wird oft in einer weniger bestimmten Bedeutung gebraucht.

Man gebraucht es als Synonym mit „Vorbereitung", und man wendet es auf Methoden an, bei denen die Muskelarbeit keine Rolle spielt. So trainiert man Taucher, um sie tauglicher zu machen, ihren Atem anzuhalten; man trainiert Jockeys, um sie weniger schwer zu machen und den Pferden, welche sie tragen sollen, die Arbeit zu erleichtern; man wendet das Wort sogar an auf Tatsachen der geistigen Rangstufe und spricht davon, daß eine Trainierung des Gehirns den Menschen fähiger macht zum Lernen.

In Wahrheit können alle diese Abwandlungen des Begriffes auf eine und dieselbe Tatsache zurückgeführt werden: auf die Anpassung des Organismus an gewisse besondere Bedingungen seiner Tätigkeit. Der Umstand des Trainiertseins schließt in sich ein, daß die Organe eine Modifikation erlitten haben. Man darf annehmen, daß das Gehirn eines Mannes der Wissenschaft nicht demjenigen eines Gepäckträgers ähnlich ist; es ist sicher, daß ein Boxer in vollkommener *Kondition* nicht die äußere Gestalt eines Stubenmenschen darbieten kann.

Aber man muß behaupten, daß die Strukturveränderungen, welche die Organe unter dem Einfluß des Trainierens erlangen, nicht sehr tief greifen; sie werden schnell erworben, gehen aber in kurzer Zeit wieder verloren.

Ein trainierter Mensch ist ein Mensch, der sich zeitweilig ein besonderes Temperament gemacht hat, er hat eine neue Konstitution erlangt, die ihn besondere Fähigkeiten verschafft, aber er hat seine Natur nicht verändert: fällt er in seine Lebensweise wieder zurück, aus der ihm die Trainierung gerissen hatte, so verliert er schnell wieder alle Überlegenheit, die er erlangt hat. Um sich im Zustande der Trainiertheit oder, wie die Trainer sagen, in *Kondition* zu erhalten, muß man in dem Regime verharren, dem man die vollkommenere Ausbildung und das leichtere Funktionieren der Organe verdankt.

Vom Gesichtspunkte der Muskelübung aus ist der Zustand des Trainiertsein ein unvermeidliches Ergebnis der Gewöhnung an die Arbeit. Alle Berufe, die eine große Ausgabe von Muskelkraft erfordern, erhalten die Personen, die sich ihnen widmen, im Zustande vollkommener *Kondition*: sie machen sie so stark und widerstandsfähig, wie ihr angeborenes Temperament es mit sich bringt.

Ein sehr tätiges und sehr arbeitsames Leben genügt also, um auf die Dauer Arbeitstüchtigkeit und Widerstand gegen Ermüdung herbeizuführen, ohne daß es nötig wäre, damit diejenigen hygienischen Verfahrungsweisen und Ernährungsmethoden zu verbinden, welche von berufsmäßigen Trainern empfohlen werden. Die Wölfe haben es nicht nötig, sich gewisser Nahrungsmittel zu enthalten oder das Wasser, das sie trinken, einzuteilen, um Muskeln zu erhalten, die hart wie Eisen sind, und Lungen, die keine Atembeschwerde kennen.

Gleichwohl muß man anerkennen, daß sich die Wohltaten der Arbeit in erstaunlicher Geschwindigkeit erwerben lassen, wenn das Subjekt sich einer gewissen Reglementierung der Übung und einer gewissen Körperpflege unterwirft, wie sie unter dem Namen „*training*“ in gewissen Ländern methodisch befolgt wird und in großen Ehren steht.

Bei uns ist diese Methode noch nicht sehr verbreitet. In

Frankreich kennt die Masse des Publikums das Trainieren nur bei Rennpferden und Jockeys, und man sieht in ihnen nur abgemagerte Geschöpfe, die man übermäßig fasten ließ, um sie zu solcher Leichtigkeit zu bringen. Aber die Gewichtsverminderung ist bei den Rennpferden nur scheinbar, und in der Regel wiegen diese eckigen und ausgetrockneten Geschöpfe wenigstens ebensoviel und manchmal sogar etwas mehr als vor der Trainierung. Lediglich die Natur ihrer Gewebe ist nicht mehr dieselbe: das Regime, dem man sie unterworfen hat, hat alle für die Bewegung nutzlosen Stoffe verschwinden lassen und im Gegenteil alle für die Arbeit notwendigen Gewebe entwickelt. Ihr Fett ist fast völlig verschwunden und durch Muskeln ersetzt.

Das Trainieren der Jockeys hat kaum die Hälfte von diesem Ergebnis. Bei ihnen verschwindet das Fettgewebe, aber das Muskelgewebe vermehrt sich nicht; auf diese Weise wird der Verlust nicht durch eine Einnahme aufgewogen, und der Körper verliert am Gesamtgewicht. Für den Jockey handelt es sich nicht um eine Vermehrung der Muskelkraft, sondern lediglich um Gewichtsabnahme, da der Zweck darin besteht, einen Menschen auf den Pferderücken zu bringen, der so leicht als möglich ist.

Die Trainierung des Jockey darf uns daher bei diesem Studium nicht zum Vorbild dienen; es ist sogar ein Mißbrauch der Sprache, einen Menschen trainiert zu nennen, den man durch alle möglichen Mittel hat abmagern lassen, ohne in ihm eine besondere Energie zu entwickeln. Die Trainierung, wie wir sie verstehen, schließt die Erwerbung bestimmter aktiver Fähigkeiten ein, das Erlangen einer gewissen Überlegenheit in der Ausführung bestimmter Bewegungen einer Übung. Für den Jockey würden wir das Wort trainieren höchstens auf den Zeitraum anwenden können, wo er die Reitkunst der Rennbahn erlernt. Der Mensch, dem die Abrichtung eines jungen Pferdes von reinem Blute anvertraut wird, unterzieht sich einer wahrhaften Trainierung im vollsten Sinne des Wortes; denn die Widerstände die er bei seinem Zögling zu überwinden hat, geben ihm Gelegenheit, alle Muskeln, die dazu mitwirken, einen Reiter im Sattel zu halten, kräftig arbeiten zu lassen, und diese Muskeln sind sehr zahlreich.

In Frankreich haben die Rennställe besondere *Trainer* für ihre Pferde. In England gibt es Trainer für Menschen, die ihren Kunden sei es zum Wettlauf, sei es zum Rudersport, sei es zum Boxen vorbereiten. Die Manie des Wettens ist der Beweggrund und der Ausgangspunkt dieser Methoden, die bestimmt sind, einem Wettkämpfer alle Chancen zum Sieg zu beschaffen; aber eine unerhörte Widerstandskraft gegen Ermüdung, eine Muskelstärke, die allen Glauben überschreitet, und schließlich eine vollkommene Gesundheit sind ihr Ergebnis.

Folgendes sind die Tatsachen, über die Royer-Collard im Jahre 1842 vor der Akademie der Medizin aus Anlaß der Resultate der methodischen Trainierung, die ein solches Muster von einem Menschen bildet, der die höchste Entwicklung der Stärke und Widerstandskraft erlangt hat, den man den Boxer nennt, berichtet:

„Der Mensch, der sich der Trainierung unterzogen hat, hat nicht merklich an Gewicht verloren, sofern er nicht etwa, bevor er in *Kondition* trat, an Fettleibigkeit gelitten hatte. Häufiger wiegt er sogar einige Pfund mehr. Jedenfalls haben seine Gliedmaßen einen auffälligen Zuwachs bekommen. Die Muskeln sind hart, hervorspringend, sehr elastisch zu berühren; sie kontrahieren sich mit außerordentlicher Kraft unter dem Einfluß des elektrischen Stromes. Der Bauch ist zurückgetreten, die Brust tritt hervor; die Atmung ist weit, tief und langer Anstrengung fähig. Die Haut ist fest und glatt geworden, von jeglichem Ausschlag rein. Man bemerkt, daß die Teile der Haut, welche die Achselgegend und die Seiten der Brust bedecken, bei den Armbewegungen nicht zucken; daß sie vielmehr vollkommen mit den darunter liegenden Muskeln zusammengewachsen zu sein scheinen. Diese Festigkeit der Haut und die Dichtigkeit des Zellengewebes, beides ein Ergebnis der Aufsaugung der Flüssigkeit und des Fettes, verhütet die Erzeugung seröser Ergüsse“ (Comptes rendus, Acad. de Médecine).

Folgendes ist nach demselben Verfasser der Körperbau, der diese Leute für den Kampf tauglich macht:

„Die Boxer sind nackt bis zum Gürtel und bestreben sich, einander kräftige Faustschläge vom Kopf bis zum Nabel zu

versetzen. Wenn einer von ihnen durch die Gewalt des Angriffs betäubt niederfällt, bewilligt man ihm eine Minute Ruhe. Bevor die Minute ganz verstrichen ist, muß er sich wieder erheben und den Kampf wieder aufnehmen; wenn nicht, wird er für besiegt erklärt. Gewöhnliche Boxer halten bei einem Kampf von $1^1/_2$ Stunden so ungefähr dreißig bis vierzig Mal ein. Die Dauer des Kampfes schwankt zwischen einigen Minuten bis zu vier bis fünf Stunden. Es kommt dabei oft zu schweren Verwundungen, und selbst der Tod kann das Resultat sein. Man hat dafür traurige Beispiele gehabt, aber immerhin ist dies ein äußerst seltener Fall. In der Regel bleibt nach einigen Tagen auffälligerweise kaum eine Spur dieser so schrecklichen Schläge zurück.

Eine geradezu wunderbare Kraft, eine außerordentliche Gewandtheit, eine Unempfindlichkeit gegen Schläge, die allen Glauben übertrifft, und zu gleicher Zeit eine vollkommene Gesundheit sind die Kennzeichen, die uns diese Menschen, die sicherlich von anderen Menschen sehr verschieden sind, aufweisen."

Um einen Menschen bis zu diesem Grade von Kraft und Widerstandsfähigkeit gegen Ermüdung auszubilden, genügen sechs Wochen. Während dieser so kurzen Zeit wird der Zögling einer Muskelarbeit von stufenweise wachsender Intensität unterzogen; aber er muß sich auch eine besondere Ernährungsweise und ganz spezielle hygienische Vorschriften einrichten.

Das ganze Verfahren der Trainierung hat ein doppeltes Ziel im Auge:

I. Die Muskelenergie des Zöglings zu entwickeln;

II. Seine Widerstandskraft gegen die Ermüdung zu stärken. Diese beiden Resultate werden mit Hülfe rein empirisch angewandter Mittel erreicht, deren ausgezeichnete Wirkungen man durch die Erfahrung bewährt findet, ohne sich dafür bislang eine ausreichende Erklärung geben zu können. Um sich eine Vorstellung von dem gewöhnlichen Verfahren der Trainer zu verschaffen, wird es genügen, den Trainierungsbericht eines gewissen J. G. zu lesen, eines Fleischergesellen, der sich unter Leitung des M. Symes für eine Regatta vorbereitete.

Diese Trainierung ähnelt sehr derjenigen der Boxer; denn sie bezweckt, die ganze Muskelkraft des Subjektes zu entwickeln und seine Widerstandsfähigkeit gegen Ermüdung bis an die äußersten Grenzen der Möglichkeit auszubilden. Sie unterscheidet sich davon jedoch durch eine wichtige Einzelheit: nämlich durch die Notwendigkeit, das Gewicht des Ruderers, so sehr es nur möglich ist, herabzusetzen, um die Belastung des Bootes, das er fuhr, zu verringern. So wird man bemerken, daß das Subjekt der hier fraglichen Beobachtung 37 englische Pfund verloren hat, während die Boxer dasselbe Gewicht behalten, das sie vor ihrer Vorbereitung besaßen. — Wir entlehnen diese Beobachtung dem Werke des Dr. Worthington über die Fettleibigkeit. Folgendes ist die Verordnung und ihre Ergebnisse:

„1. *April.* Um sechs Uhr morgens aufstehen, vierzig Gramm schwefelsaures Magnesium einnehmen, eine halbe Stunde lang langsam spazieren gehen."

„Um acht Uhr morgens: Frühstück bestehend aus einem Hammelkotelett oder einem Beefsteak, Kresse, einer halben Kanne Tee mit etwas Milch und Zucker, dazu ein klein wenig trockenes oder geröstetes Brot."

„Von neun Uhr morgens bis mittags Spaziergang mit einer Schnelligkeit von drei Meilen in der Stunde."

„Um 1 Uhr: Mittagessen bestehend aus gebratenem Ochsen- oder magerem Hammelfleisch, blutig oder durchgebraten, je nach Geschmack, grüne Gemüse, eine dreiviertel Flasche altes Ale, ein wenig altes Brot."

„Von zwei bis vier nachmittags Spaziergang mit einer Schnelligkeit von drei Meilen in der Stunde."

„Fünf Uhr nachmittags eine halbe Kanne Tee, trockenes oder geröstetes Brot, zwei rohe Eier im Tee oder zwei sehr weich gekochte Eier."

„Von sechs bis acht Uhr abends Spaziergang mit einer Schnelligkeit von drei Meilen in der Stunde."

„Neun Uhr abends: Abendessen: eine halbe Flasche altes Ale und ein Stück trocken Brot; eine halbe Stunde lang langsam spazieren gehen."

„Zehn Uhr abends zu Bett gehen."

„Diese Verordnungen drei Tage lang einhalten.“

„4. *April.* Um sechs Uhr morgens aufstehen; eine halbe Stunde lang langsam spazieren gehen.“

„Acht Uhr morgens: Frühstück wie oben.“

„Zehn Uhr morgens: Mehrere vollständige Flanellanzüge anziehen für die Abnahme (*wasting*); während zwei Stunden so schnell wie möglich laufen, und augenblicklich nach der Rückkehr, während die Transpiration sich auf ihrem Höhepunkt befindet, eine Dusche nehmen. Wird der Durst unerträglich, ist ein kleines Glas Portwein oder eine Viertel Flasche Ale gestattet.“

„Um ein halb zwei Uhr: Mittagessen wie oben.“

„Von ein halb drei bis vier Uhr nachmittags ziemlich schnell spazieren gehen (drei Meilen in der Stunde).“

„Vier Uhr nachmittags: zwei Meilen rudern.“

„Einhalb sechs Uhr: Tee wie oben.“

5. *April.* Resultat des Laufes zur Abnahme: *Gewichtsabnahme,* 8 (*englische*) *Pfunde.*

„Übung vor dem Frühstück, Frühstück wie an den vorhergehenden Tagen.“

„Einhalb zwölf Uhr morgens: zwei Stunden rudern, wenn aus dem Boot ausgestiegen kalte Dusche.“

„Einhalb ein Uhr: ein Glas Portwein oder eine Viertel Flasche altes Ale.“

„Einhalb zwei Uhr: Mittagessen wie oben.“

„Von einhalb drei bis vier Uhr nachmittags schnell spazieren gehen.“

„Vier Uhr nachmittags so schnell wie möglich eine Meile rudern.“

„Einhalb sechs Uhr Tee.“

„Neun Uhr abends Abendessen.“

„Zehn Uhr abends zu Bett gehen.“

„6. *April.* Dieselbe Verordnung: zweimal täglich zwei Meilen rudern, jedes Mal danach eine kalte Dusche. Fortzusetzen bis zum 14. April.“

14. *April. Gewichtsabnahme durch die Übung* 7 (*englische*) *Pfund.*

Zweite Abnahme: Dieselbe Verordnung genau so wie die vom 4. April.

15. *April.* Resultat der zweiten Abnahme: Gewichtsabnahme 4 Pfund.

„Die gewöhnlichen Verordnungen fortsetzen, d. h. ohne die der Abnahmeübung, bis zum 23. April. Gewichtsabnahme durch Übung 7 Pfund."

27. *April.* Dritte Abnahme: Gewichtsverlust 3 Pfund. Bis zum 7 Mai gewöhnliche Trainierungsverordnung; Gewichtsabnahme durch Übung 5 Pfund.

8. *Mai.* Vierte Abnahme: Gewichtsverlust 3 Pfund.

Bis zum 15. *Mai*, dem Renntage, gewöhnliche Trainierungsverordnung, keine Gewichtsabnahme.

Die Trainierung hatte sechs Wochen gedauert und eine Gewichtsabnahme von 37 Pfund erreicht. Interessant ist es nun zu beobachten, von welch kurzer Dauer ein so schnell erreichtes Resultat bei derselben Person gewesen ist.

„Am 15. *Juni*, — einen Monat danach — erschien dieselbe Person, um eine Trainierung zu unternehmen im Hinblick auf ein Wettrudern von zwei Meilen. Unter dem Einflusse seiner alten Lebensweise *hatte er* 21 *Pfund an Gewicht zugenommen.* Da ihn die Zeit drängte, dauerte das Trainieren nur acht Tage."

„Dennoch genügte dieser kurze Zeitraum, ihn von seinen 21 Pfund zu befreien und ihn in den Stand zu setzen, seine Fahrt mit Leichtigkeit zu gewinnen."

Diese Beobachtung beweist uns vor allem, von welcher geringen, nachhaltigen Wirkung die durch das Trainieren hervorgebrachten Änderungen sind. Man sieht, daß das Subjekt in einem Monat nach Wiederaufnahme seiner gewöhnlichen Lebensweise die körperliche Verfassung wieder erlangt hatte, welche die anstrengende Übung und die auf Gewichtsabnahme gerichtete Verordnung so tiefgreifend modifiziert hatte. Wenn man die Methode des M. Symes näher ins Auge faßt, so wird man zwei Reihen von Vorschriften an ihr unterscheiden: Die einen sind bestimmt, das Volumen der Muskeln durch die Arbeit zu vergrößern; die anderen haben den Zweck, die Masse der

weichen Gewebe mit Hülfe von Ausleerungen aller Art zu vermindern.

Man weiß, daß die Muskeln durch die bloße Tatsache der Übung an Umfang zunehmen und es ist überflüssig noch begreiflich machen zu wollen, inwiefern die umfangreicher gewordenen Muskeln die Kraft des Subjekts vermehren; aber es ist nötig, die Wirksamkeit der Ausleerungen zur Vermehrung des Widerstandes gegen Ermüdung zu erklären.

Man weiß, daß jegliche vom Organismus erlittene Gewichtsabnahme das Absorbierungsvermögen der Gefäße zu vermehren bestrebt ist. Reichlicher Schweißverlust, reichlicher Urin, wiederholte Entleerungen der Eingeweide, reichliche Aderlässe vermehren merklich das Bedürfnis, Flüssigkeiten zu assimilieren. Dieses Bedürfnis sucht in uns eine Art von Gleichgewicht zwischen den Verlusten und der Neubildung von Blut zu erreichen. Es befriedigt sich in der Regel mit Hülfe von außen aufgenommener, flüssiger Nahrungsmittel und äußert sich durch eine Steigerung des Durstgefühls, aber es bezeugt sich auch durch ein Bestreben, gewisse Stoffe des Organismus selber aufzusaugen. Im letzteren Falle bezeichnet man diese Stoffwechselbewegung als Resorption.

Die Heilkunde verwertet oft die kompensierende Resorptionskraft, um in gewissen Körperteilen aufgehäufte Krankheitsstoffe verschwinden zu lassen. So können die in den natürlichen Höhlungen verbreiteten oder in den Schichten der Haut und des Fleisches infiltrierten Flüssigkeiten aufgesogen werden mit Hülfe einer Reihe von Abführungsmitteln oder durch den längeren Gebrauch von harntreibenden Arzeneien oder auch unter dem Einfluß wiederholter Schweißausbrüche. Man sieht dann die Patienten sich der krankhaften Flüssigkeiten, welche sie beschwerten, entledigen und an Umfang abnehmen. Die ausgleichende Arbeit der Resorption macht aber nicht bei den Flüssigkeiten Halt, sondern erstreckt ihre Wirkung oft auch auf die wenig beständigen festen Gewebe, wie z. B. das Fett, man sieht, wie Patienten infolge von übermäßiger Transpiration ihren Schmerbauch verlieren. Es ist die Folge einer ausgleichenden Resorption, wenn das Subjekt, das sich trainiert, unter dem

Einfluß von Abführung und von Schweißabgabe, wie sie die sogenannten Abnahmemanöver hervorrufen, seinen Fettgehalt vermindert.

Worin besteht nun der Vorteil der Resorption von Fett mit Rücksicht auf den Widerstand gegen Ermüdung? Wir haben bei wiederholten Gelegenheiten davon gesprochen, und es dürfte genügen hier in aller Kürze zu wiederholen: 1. daß das Fett das unnütze Gewicht, das *tote Gewicht* des Subjektes vermehrt; 2. daß es die Abkühlung des Körpers während der Arbeit behindert; 3. daß es durch die Verbrennung seiner kohlenstoffhaltigen Bestandteile die Erzeugung von Kohlensäure vermehrt. Mehrung der für die gleichen Bewegungen nötigen mechanischen Arbeit; Mehrung der durch übermäßige Erhitzung des Körpers entstehenden Beschwerden; Mehrung auch der Atembeschwerde bei gleicher Muskelarbeit: dieses sind die Ermüdungsursachen aus Anlaß übermäßigen Fettgehaltes der Gewebe.

Die Abmagerung des Subjekts bildet demnach den ersten Schritt zur Trainierung. Dies Ergebnis wird durch die Arbeit selbst zufolge der Verbrennung der Reservegewebe erlangt; aber es wird durch eine Menge von Hülfsmitteln beschleunigt, wie z. B. durch die Friktionen, das Einwickeln in nasse Tücher, die Dampfbäder, die außerordentlich warmen Anzüge usw.

Man kann sich durch Versuche überzeugen, daß das Verschwinden von Fett stets eine Abnahme gewisser Ermüdungsbeschwerden zur Folge hat, und zwar vor allem der Erhitzung und des Außeratemkommens. Eine Reihe von Schwitzbädern bereitet vortrefflich für Schnelligkeitsübungen vor, auch wenn man keine Arbeit vorher unternimmt.

Die übrigen Trainierungsvorschriften lassen sich auf drei zurückführen: 1. Enthaltung von aller Nahrung, welche die Wiedererzeugung des verlorenen Fettes begünstigt; 2. Unterstützung der Hauttätigkeit; 3. Häufiges Atemholen in reiner, sauerstoffhaltiger Luft. Man entferne aus der Kost eines Menschen, der sich trainiert, alle wässerigen Getränke; denn sie können, da sie die Schweißverluste zu rasch ersetzen, das Streben nach Resorption der weichen Gewebe beeinträchtigen. Aus einem ähnlichen Grunde verbietet man ihm mehlhaltige, zuckerhaltige

Speisen und überhaupt alle solche Speisen, die zur Fettbildung geeignet sind, ferner alle Nahrungs- und Genußmittel, die man als Sparmittel kennzeichnen kann, wie z. B. den Alkohol.

Die Hauttätigkeit hat eine große Bedeutung, und ihre große Regelmäßigkeit ist nötig aus zwei Gesichtspunkten. In erster Linie ist die Haut das Organ der Ausscheidung. Sie scheidet die flüssigen oder gasförmigen Abfälle aus, welche aus den Verbrennungsvorgängen der Arbeit entstehen, und wir haben gesagt, daß die Beschwerden der Ermüdung zum größten Teile durch eine Vergiftung des Blutes durch diese Abfälle verschuldet werden. Es hat daher einen großen Vorteil vom Gesichtspunkte des Widerstandes gegen Ermüdung, ihr promptes Austreten aus dem Organismus zu erleichtern. In zweiter Linie ist die Haut ein Atmungsorgan, welches den Sauerstoff der Luft absorbiert, und man weiß, wie sehr ein gut mit Sauerstoff gesättigtes Blut belebend und bildend wirkt.

Es gibt noch eine andere Vorschrift, der die Trainierer eine große Bedeutung beilegen: dies ist die *Geistesruhe* des Subjekts. Der Mann in guter „Kondition" muß sich von jeder Sorge, von jeder herabstimmenden Gemütsbewegung frei halten. Er muß seine Nerven mit jeder Art von Erschütterung verschonen und gegen jede zu lebhafte Empfindung schützen; man verbietet ihm die Freuden der Liebe nicht minder wie sonstige Gemütserregungen und Bekümmernisse. Wir dürfen nach unseren persönlichen Beobachtungen noch hinzufügen, daß man ihm auch die geistigen Arbeiten zu untersagen hat. Eine Geistesarbeit, die zu einer körperlichen Übung hinzutritt, vermehrt das Bestreben nach Zersetzung der Gewebe und begünstigt die Gewichtsabnahme, aber widerstrebt einer Wiederherstellung der Muskelelemente dermaßen, daß ein Mensch, der sich gleichzeitig einer Muskelarbeit und geistigen Anstrengungen widmet, schnell abmagert und die verlorenen Reservegewebe nicht in Gestalt von Muskeln wiedergewinnt. Er ist in Gefahr, dem Zustande der Überbürdung und *organischen Erschöpfung* anheimzufallen.

Schließlich wird eine gute Durchlüftung der Wohnräume des Subjekts als wesentliche Bedingung für den Erfolg der Trainie-

rung angesehen. Ein Mensch, der sich trainiert, muß außerhalb der großen Städte wohnen und eine kräftige Luft einatmen, die geeignet ist, sein Blut mit Sauerstoff zu bereichern.

Aber unter allen Faktoren, welche die Trainierer zur Veränderung des Organismus benutzen, ist der wichtigste die Arbeit. Sie kann alle anderen ersetzen, und keine von diesen kann sie vertreten. Die Arbeit ist in der Tat allein imstande, das gewünschte doppelte Ergebnis herbeizuführen: Vermehrung des Volumens der Muskeln und Verminderung der Reservegewebe. Sie verbrennt unmittelbar die Fette, welche sie benutzt, um die Muskelanspannung zu unterhalten, sie verbraucht dieselben ferner mittelbar, indem sie die Temperatur des Blutes erhöht und den Körper ebenso erhitzt, wie dies ein Schwitzbad und eine übermäßig warme Kleidung vermöchte. Unter dem Einfluß der Arbeit vollziehen sich intensivere Verbrennungen in den Geweben, und eine reichlichere Transpiration bewirkt die vom Trainierer gewünschte Gewichtsabnahme.

Abgesehen von den Erfolgen, die der Muskelarbeit mit den Hülfsmitteln, die beim Trainieren beliebt werden, gemeinsam sind, gibt es Ergebnisse, die ausschließlich die Arbeit beschaffen kann. So zunächst ist die häufige Wiederholung der Muskelspannung das einzige Mittel, die Muskeln zu entwickeln und ihre Kraft zu vermehren. Sodann gibt es eine Form der Ermüdung, die nicht, wie die Atembeschwerde durch Resorption der Fettgewebe beseitigt werden kann, das ist die Steifigkeit. Wir wissen in der Tat, daß diese Form der Ermüdung nicht durch die Produkte der Verbrennung von Fetten, sondern vielmehr durch Produkte aus dem Zersetzungsvorgang in gewissen stickstoffhaltigen Geweben verursacht wird, aus Reserven stammt, die sich in den Fasern des untätigen Muskels ansammeln.

Nun scheint ausschließlich die Arbeit auf diese stickstoffhaltigen Reserven einzuwirken. Die Schweißabsonderungen und künstliche Gewichtsverluste, die zwar die Neigung zum Außeratemkommen sehr vermindern, beschaffen nicht die geringste Immunität gegen Steifigkeit. Somit können alle durch Hülfsverhaltungen, wie z. B. durch besondere Nahrungsverordnungen Abführungsmittel und Schwitzkuren erlangten Resultate auch

allein durch die Muskelarbeit gewährleistet werden. Allein dann würde das Resultat länger auf sich warten lassen. Man kann aber behaupten, daß es alsdann auch von längerer Dauer ist.

Die Modifikationen, die man in dem Temperament eines unter dem Einflusse methodischer Trainierung stehenden Wesens beobachtet, stellen sich sehr bald ein, gehen aber auch mit größter Leichtigkeit wieder verlustig. Sechs Wochen strengen „Regimes" führen zur „vollkommenen Kondition", aber ein Monat der Unterbrechung bringt auch bereits wieder das Subjekt um alle Wohltaten der Trainierung und führt es zu seiner anfänglichen Verfassung zurück.

Die Beobachtung der alltäglichsten Vorgänge zeigt uns im Gegenteil die Dauerhaftigkeit der durch anhaltende Muskelarbeit erworbenen Veränderungen.

Man sieht täglich Menschen und Tiere, die einer unausgesetzt auf Muskelarbeit angewiesenen Lebensweise dieselbe Körperbeschaffenheit verdanken, welche eine methodische Trainierung so schnell herbeiführt. Wenn sich dann eine vollständige Änderung ihrer Lebensweise vollzieht, so können auch sie zwar die Eigenschaften eines trainierten Menschen verlieren, allein es genügt auf keinen Fall ein einziger Monat, wie in dem von Worthington angeführten Falle, um ihnen überschüssige Reservegewebe zu verschaffen.

Wenn ein Mensch sein Leben mit schwerer Landarbeit oder in der anhaltenden Gewohnheit körperlicher Übungen verbracht hat, ist es selten, daß er nicht noch viele Jahre hindurch eine hagere und muskulöse Körpergestalt auch nach Aufgabe dieser Lebensweise beibehält. Ebenso erscheint ein Zugochse, den man lange Zeit zu schweren Arbeiten verwendet hat und dann zum Schlachten anfüttern will, dem Fettwerden sich zu widersetzen, und sein Fleisch bleibt zäh und ledern. Ungeachtet absoluter Ruhe und reichlicher Ernährung wollen seine Muskeln die durch anhaltende Arbeit erworbene Härte nicht verlieren.

II

Werfen wir einen Blick auf den durch die summarisch beschriebenen Vorbereitungen modifizierten Menschen, so sehen wir, daß sich in seinem Organismus tiefgreifende Veränderungen vollzogen haben, die aus ihm sozusagen ein neues Wesen gemacht haben. Er unterscheidet sich durch die Struktur seiner Gewebe, durch die Bildung und Funktionsweise seiner Organe von dem, was er vor der Trainierung war.

Vom physiologischen Gesichtspunkte aus kennzeichnet sich der trainierte Mensch durch die Vermehrung der zur Bewegung des Körpers dienenden Gewebe und durch das fast vollständige Fehlen solcher, die dazu dienen, die Verbrennungen zu unterhalten, ohne welche diese Bewegungen nicht möglich sein würden. Man kann den trainierten Menschen einer thermischen Maschine vergleichen, deren Räderwerk konsolidiert ist, die aber keine Vorräte an Brennmaterialien einschließt, um den Kessel zu heizen. Infolge der Trainierungsvorbereitungen sind die Reservegewebe geschwunden, und lediglich die Nahrungsmittel sind es, mit denen der Mensch die zur Arbeitsleistung erforderlichen Verbrennungsvorgänge unterhält.

Auch darf man die Fähigkeit, der Ermüdung zu widerstehen, nicht mit derjenigen verwechseln, Entbehrungen zu ertragen. Das Rennpferd, das zu einer intensiven und ausdauernden Anstrengung höchst geeignet ist, erträgt nur schlecht einen Mangel an genügender Nahrung und könnte nicht bei der mageren Ration bestehen, die einem bretannischen Klepper genügt. Ebenso verhält es sich mit dem trainierten Menschen: sobald ihm die Nahrung knapp wird, unterliegt er bald der Erschöpfung. Umgekehrt erzeugen die Verbrennungen, da ihnen keine leicht zersetzbaren Stoffwechselprodukte zugrunde liegen, bei ihm weniger Abfälle. Die Ermüdung, die das Resultat einer Selbstvergiftung des Körpers durch Verbrennungsabfälle ist, stellt sich bei ihm nicht so leicht ein.

Bei einem Menschen, der sich in vollkommener „Kondition“ befindet, werden die vom Körper durch die Ausscheidungsorgane ausgeschiedenen Stoffe nicht mehr dieselben sein, wie vor

der Trainierung, da die Gewebe, aus deren Zersetzung sie hervorgehen, in ihrer Struktur modifiziert sind. Die Lunge wird bei gleicher Arbeit weniger Kohlensäure liefern und auch weniger von jenen noch ungenügend bestimmten Gasarten entwickeln, die man aus der Verbrennung von allzulange im Körper aufgespeicherten Reservestoffen im Organismus entstehen sieht. Die Haut wird nicht mehr jene flüchtigen Fettgase ausdünsten, deren Geruch für Personen von sitzender Lebensweise so charakteristisch ist. Die Nieren endlich werden infolge von intensiver Muskelarbeit nicht mehr jenen Überschuß an harnsauren Salzen und anderen stickstoffhaltigen Abgängen aussondern, die man in den Urinsedimenten findet und die bei nicht trainierten von Ermüdungssteifigkeit befallenen Personen so reichlich sind.

Die Hygieniker haben schon längst die Tatsache bemerkt, daß alle diese Ausscheidungen sich bei den verschiedenen Individuen je nach ihren gewohnten Lebensbedingungen als sehr verschieden erweisen. Die Ausdünstungen des menschlichen Körpers haben sogar einen verschiedenen Geruch, je nachdem sie von einem Menschen stammen, der sich gewohnheitsmäßiger Muskelarbeit unterzieht, oder von einem Menschen, der eine sitzende Lebensweise führt. Man hat auf den charakteristischen Geruch in den Gefängnissen hingewiesen, der durchaus verschieden ist von dem Geruch in den Kasernen. Der eine wie der andere entspringt aus flüchtigen durch die Lunge und die Haut einer großen zusammengepferchten Menschenmenge ausgeschiedenen Produkten, aber im ersteren Falle von Menschen, die in beständiger Unbeweglichkeit, im anderen von solchen, die in beständiger Tätigkeit leben. Zweifellos ist man berechtigt zu behaupten, daß der Organismus eines trainierten Menschen genügend eingreifende Änderungen erlitten hat, um ihn physiologisch als ein ganz anderes Wesen zu bezeichnen als denjenigen, der sich nicht demselben Regime unterworfen hat. Seine Körperbildung ist verschieden, die Struktur seiner Gewebe ist verändert. Seine Organe haben eine Umwandlung erlitten, und ihre Funktion ist nicht mehr dieselbe.

Das durch Trainierung modifizierte Subjekt und dasjenige, das unter den Folgen einer übermäßigen Untätigkeit steht,

müssen vom Standpunkte der Beobachtung und des Versuchs als zwei durchaus unterschiedliche physiologische Einheiten betrachtet werden. Wenn man sie unter dieselben Bedingungen bringt und denselben Einflüssen aussetzt, werden sie nicht mehr auf dieselbe Weise reagieren. Vor allem wird die Arbeit die Funktion ihrer Organe in ganz verschiedener Weise gestalten. Bei derselben Zahl von Kilogrammeter, die in einer gegebenen Zeit geleistet werden, wird man bei ihnen nicht dieselbe Vermehrung der Pulsschläge oder der Atemzüge beobachten; die ausgeatmete Luft wird nicht dieselbe Quantität Kohlensäure enthalten, der Urin nicht dieselbe Quantität Harnsäure.

Bislang hat man sich von den eingreifenden Modifikationen, welche die Arbeit durch die Veränderung des Organismus, der sich an Muskeltätigkeit gewöhnt hat, herbeiführt, keine genügende Rechenschaft gegeben. Die meisten Beobachtungen, die man am Menschen gemacht hat, um die Ausscheidungsstoffe der Arbeit zu bestimmen, sind mit einem Irrtum behaftet, weil man einen wichtigen Faktor nicht in Rechnung gebracht hat: den Trainierungsstand des Subjekts.

Daher rührt sicherlich die Meinungsverschiedenheit zwischen so manchen großen Schriftstellern, die über den Einfluß der Arbeit auf die Sekretionen, insbesondere auf den Urin geschrieben haben.

VIERTERTEIL / DIE VERSCHIEDENEN ÜBUNGEN / PHYSIOLOGISCHE KLASSIFIKATION DER ÜBUNGEN / ANSTRENGENDE ÜBUNGEN / KRAFTÜBUNGEN / SCHNELLIGKEITSÜBUNGEN / DAUERÜBUNGEN / MECHANISMUS DER VERSCHIEDENEN ÜBUNGEN

I. PHYSIOLOGISCHE KLASSIFIKATION DER LEIBESÜBUNGEN

Die Größe der während einer Übung geleisteten Arbeit · Leichte mäßige und anstrengende Übungen · Die Qualität der Arbeit bei der Übung · Kraft · Schnelligkeits- und Dauerübungen · Vom Mechanismus verschiedener gebräuchlicher Übungen

Wir haben die allgemeinen Wirkungen der Muskelarbeit auf den Organismus behandelt.

Versuchen wir die Folgerungen aus diesem Studium nochmals zusammenzufassen, so sehen wir, daß die Ergebnisse der Arbeit schwanken im Verhältnis zur Größe, in der man sie aufwendet, und zu der Fertigkeit, mit der man sie vollzieht.

Die ohne Maß und irgendwelche Regel angewandte Übung zieht Ermüdung in allen ihren Formen und Graden nach sich und setzt die körperliche Maschine verschiedenen Schädigungen aus, die wir als Nachteile der Arbeit beschrieben haben.

Umgekehrt führt die Muskelarbeit, wenn sie allmählich immer mehr und nach den Regeln einer abgestuften Trainierung gesteigert wird, fortschreitend zur Anpassung der Organe an größere Anstrengungen. Sie vervollkommnet die menschliche Bewegungsmaschine, indem sie ihrem Räderwerk größere Widerstandsfähigkeit und ein leichteres Funktionieren verschafft.

Dies sind die Ergebnisse der Übung, wenn man sie als allgemeinen Faktor betrachtet und lediglich auf die Arbeitsgröße zurückführt, die sie darstellt. Aber es wäre ein einseitiger Standpunkt, die durch den Organismus bewirkte Arbeit zu isolieren von den Organen, mit denen er sie ausführt. Nun sind diese Organe nicht immer dieselben und funktionieren nicht immer in derselben Weise bei allen Formen der Leibesübung. Auch erzeugen die verschiedenen gebräuchlichen Übungen keinesfalls dieselben Wirkungen im Organismus.

Daher der Nutzen einer verständigen Einteilung der verschiedenen bekannten Übungen und die Notwendigkeit, eine Auswahl unter ihnen zu treffen je nach den Resultaten, die man erwartet.

Auf den ersten Blick macht sich zwischen den verschiedenen gebräuchlichen Übungen ein Unterschied bemerkbar: sie er-

fordern nicht alle dieselbe Arbeitsgröße. *Anstrengend* nenne ich solche Übungen, welche unserm Muskelsystem erhebliche und wiederholte Kraftaufwendung auferlegen: *mäßig* heißen sie, wenn sie nur einen schwachen Arbeitsaufwand erfordern. Endlich, wenn der Kraftaufwand sich auf das geringste Maß beschränkt, wird die Übung *leicht* genannt. Der Lauf ist eine anstrengende, der Marsch bei mittlerem Tempo eine mäßige, der langsame Spaziergang eine leichte Übung.

Die geleistete Arbeitsquantität bildet augenscheinlich das beste Einteilungsprinzip für Leibesübungen, denn sie hat den größten Einfluß auf ihre Resultate. Aber angenommen, die Summe der vom Organismus geleisteten Arbeit bleibe dieselbe, so ist es doch vom hygienischen Standpunkte aus nicht gleichgültig, ob diese Arbeit langsam oder schnell vollzogen wird, ob sie ohne Unterbrechung fortgesetzt oder durch längere Ruhepausen unterbrochen wird. Es ist auch wichtig zu wissen, ob die Übung komplizierte und schwierige Bewegungen fordert, ob sie verlangt, daß der Wille und die Aufmerksamkeit sich dabei beteiligt, oder ob man sie automatisch und ohne Mitwirkung der bewußten Fähigkeiten ausführen kann.

Außer den verschiedenen Arbeitsarten ist es endlich auch wichtig, den Mechanismus der Übung zu bestimmen, zu sagen, welche Körperteile hauptsächlich mit ihrer Ausführung beauftragt werden oder sich indirekt daran beteiligt finden. Es ist dieses einer der wenigst gekannten Punkte des Heilverfahrens durch Körperübungen, denn die Analyse der verschiedenen Übungen ist noch nicht in befriedigender Weise gemacht worden, trotzdem sie einer der interessantesten und praktischsten Punkte in diesem Teil der Hygiene ist, denn vom eigentlichen Mechanismus der Übung ist ihre lokale Wirkung abhängig. Man verordnet oft zu orthopädischen Zwecken eine Körperübung, deren Wirkung man jedoch nicht bestimmt voraussehen kann, wenn man nicht genau weiß, welche Muskelgruppe die Arbeit ausführt, welche Gelenke und Knochenhebel den Druck und die Erschütterungen tragen und durch welche Haltung endlich das Ganze des Körpers an der Bewegung der arbeitenden Teile teilnimmt.

Eine physiologische Klassifikation der Körperübungen, die hauptsächlich die Wirkungen berücksichtigt, welche die verschiedenen Übungen im Organismus hervorrufen, muß drei Elemente als Grundlage berücksichtigen: die *Quantität* der Arbeit, die sie erfordern, die Art oder *Qualität* dieser Arbeit, und endlich den *Mechanismus*, vermittels dessen die Arbeit ausgeführt wird. Aber diese drei Grundelemente der Klassifikation sind in den verschiedenen gebräuchlichen Übungen auf so verschiedene Art und Weise zusammengestellt, daß sie logischerweise nicht zu ihrer Unterscheidung dienen können. Einige Übungen, die sich durch die Quantität der Arbeit nähern, weichen durch den Mechanismus ihrer Ausübung voneinander ab; andere, im Gegenteil, ähneln sich in den Bewegungen und unterscheiden sich durch die Größe der Arbeitsleistung.

So können diese drei Elemente: *Quantität*, *Qualität* und *Mechanismus* der Arbeit von uns nicht als Grundlagen einer methodischen Einteilung der gebräuchlichen Übungen verwandt werden. Sie werden uns aber bei der physiologischen Analyse dieser Übungen als Wegweiser dienen und als bequeme Etikette, um sie in Kategorien zu ordnen, die zu gewissen Zwecken teils heilsam, teils schädlich sind, je nachdem sie den durch das Temperament oder den Krankheitszustand des Patienten gegebenen Indikationen entsprechen oder widerstreben.

II. ANSTRENGENDE ÜBUNGEN

Anstrengende Übungen sind nicht mit ermüdenden zu verwechseln · Schwierigkeit, die Arbeitsquantität einer Übung zu schätzen · Die schweren Bewegungen · Kraftleistungen · Die „Pedanten der Gymnastik" · Kinderspiele und wissenschaftliche Gymnastik · Seilsprung und die Übung am „Tauwerk" · Analyse der Übungen · Auf welche Art die physiologischen Resultate der Arbeit ihren Stärkegrad bestimmen

Die Arbeitsquantität einer Übung ist grundlegend für die Einteilung der Körperübungen in *leichte*, *gemäßigte* und *anstrengende*.

Diese Einteilung erscheint auf den ersten Blick sehr logisch und vor allem sehr leicht festzustellen zu sein, und doch erfordert es oft eine aufmerksame Analyse, den wirklichen Kraftaufwand, den eine Übung enthält, zu bestimmen. Man stützt sich oft, und zum Nachteil für diese Berechnung, auf die Schwierigkeit, die die Ausführung der Übung bietet, oder auf die von den in Arbeit tretenden Muskeln verspürte Müdigkeit. Nun kann aber der Fall eintreten, daß der bei einer Übung erforderte Kraftaufwand durch die leicht fallende Ausübung der Muskeltätigkeit verdeckt wird. Ebenso kann eine geringe Arbeitsleistung ein lebhaftes Gefühl der Ermüdung hervorrufen. — Selbst für einen sehr schweren Menschen ist es immer leicht, zehn Treppenstufen zu steigen. Es würde ihm aber oft sehr schwer fallen, sich durch die Kraft der Armgelenke zehn Sprossen auf einer Leiter hochzuheben. Und dennoch, wenn der Zwischenraum der Leisten genau dieselbe vertikale Höhe wie die der Treppenstufen enthält, so ist in beiden Fällen die mechanische Arbeit ganz genau dieselbe, da sie einen Kraftaufwand darstellt, der ermöglicht, ein und dasselbe Gewicht zu ein und derselben Höhe zu erheben. Die verspürte Müdigkeit ist jedoch sehr viel stärker nach der Übung an der Leiter als nach Besteigung der Treppe. Es kommt daher, daß im erstern Falle die Arbeit auf die wenig umfangreichen Muskeln der oberen Glieder, und im zweiten Falle auf die sehr kräftigen Muskelmassen der unteren Glieder fällt.

Weder die Schwierigkeit einer Übung noch die lokale Müdigkeit, die sie hervorruft, können uns als Grundlage für die Bestimmung der von ihr erforderten Arbeitsquantität dienen.

Des öfteren verwechselt man, und zwar fälschlicherweise, die anstrengende Übung mit der „Kraftleistung“ oder mit der „schwierigen“ Übung. Bei allen Kraftleistungen kann es vorkommen, daß die Arbeit, ohne sehr beträchtlich zu sein, mit einer sehr geringen Zahl von Muskeln ausgeführt wird. Die Übung ist dann nur eine Art von Beweis der Muskelkraft der Person, die beispielsweise mit zehn ihrer Muskeln eine Arbeit ausführt, die andere nur mit zwanzig ausführen können. Ein Mensch, der mit einer Hand die Stange eines Trapezes erfaßt und sich mit einem Arm durch die Kraft des Arms erhebt, liefert den Beweis einer großen Stärke seines Biceps, aber die mechanische Arbeit, die er ausführt, kommt in Summa genau derjenigen eines Menschen gleich, der sich mit beiden Armen emporzieht.

Einige der bekanntesten Kraftübungen sind nichts als Geschicklichkeitsübungen. Es gibt bei dem heutzutage offiziellen Turnen mit Hülfe von Geräten Bewegungen, die eine lange Lernzeit fordern, die man aber, sobald man den Mechanismus begriffen hat, ohne große Kraftausgabe ausführen kann. Die Schwierigkeit der Ausführung solcher Übungen besteht nicht darin, eine große Muskelkraft aufzuwenden, sondern sei es durch Versuche oder methodisch die Muskeln ausfindig zu machen, die man ins Spiel zu bringen hat. Ein großer Teil der am Trapez oder den sogenannten deutschen Turngeräten, Reck und Barren, ausgeführten Bewegungen fordert mehr Wissen als Kraft. Man darf die Quantität der Arbeit und die Schwierigkeit der Arbeit nicht miteinander verwechseln. Dennoch wird dieser Irrtum täglich begangen und hat die Folge, daß man vom hygienischen Gesichtspunkt aus denjenigen Übungen den Vorzug gibt, die lediglich gelehrt sind, während man die wirklich anstrengenden Übungen, bei denen aber die Muskelkraft verbraucht wird, ohne daß man ihre Anwendung mühsam zu berechnen braucht, vernachlässigt.

Nun aber sind die allgemeinen Wirkungen einer Übung proportional der Ausgabe an Kraft, die sie erfordert, und nicht den

Schwierigkeiten, welche die Einzelheiten ihrer Ausführung bieten.

In unsern Tagen ist man nicht mehr weit davon entfernt, das Turnen als einen Regenerator des Menschengeschlechts zu betrachten. Es scheint, daß man die Kunst, die Glieder zu bewegen, nur noch infolge von langen Forschungen und tiefen Meditationen erlangen kann. Wir verfallen der Zuchtrute der Pedanten der Turnerei, und sicherlich wird noch ein Augenblick kommen, wo wir ebenso erstaunt sein werden über eine Übung im Gehen, wie es Herr Jourdain war, wenn man ihm zumutete, Prosa zu sprechen. Bei den Gymnasien und selbst bei Pensionaten für junge Mädchen kann man die sonderbarsten Turngeräte hergestellt und die schwierigsten Bewegungen, man könnte sagen geradezu grotesker Art, lehren sehen. — Man begreift nicht infolge einer verkehrten Gründlichkeit, daß viele Spiele, an denen unsere ganz jungen Kinder sich amüsieren, in Wirklichkeit anstrengende Übungen sind, während viele Übungen der offiziellen Turnerei nichts als schwierige Tricks darbieten.

Man kann durch Zahlen beweisen, daß die Kraftausgabe, die doch das Ziel bildet, das man durch die Turnerei erreichen will, bei gewissen Kinderspielen weit größer ist als bei gewissen Übungen an Geräten, die eine besondere Kraft zu fordern scheinen.

Nehmen wir an, ein junges Mädchen belustige sich mit Strickspringen. Jeder weiß, daß man leicht eine Höhe von 0,10 m erreichen und 100 mal in der Minute wiederholen kann. Bezeichnen wir nun mit P das Körpergewicht des jungen Mädchens, so werden wir sehen, daß seine Arbeitsleistung sich in Kilogrammmetern als $P \times 0{,}10\,\text{m} \times 100$ oder als $P \times 10\,\text{m}$ berechnen läßt, oder in anderen Worten, daß die Arbeit, die ein junges Mädchen beim Strickspringen verrichtet, binnen einer Minute eine Kraftausgabe darstellt, die ihren Körper 10 m hoch heben würde. Nun dürften nicht viele Turner fähig sein, binnen einer Minute sich am Kletterseil allein mit Hülfe ihrer Arme 10 m hoch zu ziehen; jedenfalls gibt es kaum einen, der diese Kletterübung drei Minuten lang mit derselben Schnelligkeit ausführen könnte, während es eine große Zahl kleiner Mädchen gibt, die 5 Minuten lang ohne Unterbrechung strickspringen können.

Beim Stricksprung wird die Arbeit nicht mit denselben Muskeln wie beim Klettern am losen Seil ausgeführt; auch werden die lokalen Wirkungen dieser beiden Übungen verschieden sein. Wenn aber die Anzahl der bei beiden Übungen geleisteten Kilogrammeter dieselbe ist, so werden die Gesamteffekte der Arbeit identisch sein; denn *die Modifikationen der großen organischen Funktionen und insbesondere die Modifikationen der Atmung stehen im direkten Verhältnis zur Totalsumme der in einem gegebenen Zeitraum geleisteten Arbeit.* Nun aber sind es bei der hygienischen Verwendung der Übung gerade die Gesamtwirkungen der Arbeit, worauf es ankommt; man will den Blutumlauf beschleunigen, die Macht der Atembewegung vermehren, mit einem Worte, alle großen Funktionen der Lebenstätigkeit zur Arbeit verbinden.

Es ist nicht immer leicht, die Quantität der durch eine Übung gebotenen Arbeit abzuschätzen. Die Anstrengung tritt nicht immer zutage und offenbart sich nicht allemal durch die Stellung des Körpers. In gewissen Fällen wird die Kraft, die ein Mensch aufwendet, in ihrem Erfolge gehemmt durch eine gleiche Kraft, die sein Gegner ihr entgegensetzt. Dies sieht man beispielsweise bei der Übung des Ringkampfs. In anderen Fällen wird die scheinbare Arbeit nicht vergrößert, sondern die Kraftausgabe wird größer zufolge einer ungünstigen Lage der Knochenhebel, welche die Bewegung ausführen. So z. B. fordert die Übung, die man als „Fahne“ bezeichnet (faire la planche), in Summa die Hebung des Körpergewichts durch bloße Armkraft; aber die horizontale Stellung, welche der Rumpf und die Beine dabei annehmen, verzehnfacht die Ausgabe an Muskelkraft und vermehrt somit die Anstrengung der Übung. Man müßte die Analyse zu weit führen, um die genaue Ziffer in Kilogrammetern der Arbeitsleistung zu finden, die jede Übung fordert, und um die Modifikationen zu bestimmen, die mit den verschiedenen Verfahrensarten verknüpft sind, in denen sie ausgeführt werden kann. Man kann sog. Voltigierarten anwenden, die darin bestehen, die vom Körper erlangte Geschwindigkeit auszunützen, oder sog. Kraftproben, die jeden Anschwung unterdrücken und die antagonistischen Muskeln nötigen, unter Verlangsamung

der Bewegung die Aktion zu hemmen. — So vermag die langsame Ausführung einer Muskeltätigkeit die Kraftausgabe erheblich zu steigern; um sich schnell zu bücken, genügt es, die Hüftmuskeln schlaff zu machen, während man, um sich sehr langsam zu bücken, kräftig mit den Ausdehnungsmuskeln arbeiten muß, um den Körper zu verhindern, der Schwerkraft nachzugeben und in seinen sukzessiven Haltungen aufrecht zu halten, wobei die Hebel in eine sehr ungünstige Richtung geraten.

Es ist wichtig, die wirkliche Arbeitsleistung zu bestimmen, die eine Übung erheischt, und eine anstrengende Übung von einer schwierigen oder einer Kraftübung zu unterscheiden; denn die Wirkungen sind in beiden Fällen sehr verschieden. Bei einer Kraftübung kann die von dem Organismus geleistete Arbeitssumme schwach genug sein, aber in der Regel ist die lokale Arbeit sehr beträchtlich in Anbetracht der Kraft derjenigen Muskeln, die sie ausführen. Das Ergebnis der Übung ist alsdann überhaupt lokalisiert und kann sich in dem Gesamtorganismus nicht bemerklich machen. Wenn man sich z. B. beständig übt, Gewichte mit gestreckten Armen aufzuheben, wird man dahin gelangen können, die Muskeln, welche den Arm über die Schultern strecken, übermäßig zu entwickeln; aber die große Funktion des Organismus, die Atmung, der Blutumlauf usw. werden nicht oder nur wenig an der Arbeit teilnehmen. Die Übung wird eine Kraftausgabe darstellen, welche fähig ist, die bestimmten Muskeln, die in Aktion treten, schnell zu ermüden, aber unzulänglich, um die Masse des Blutes lebhaft zu erregen und das Spiel der Lunge zu aktivieren.

Bei einer schwierigen Übung, deren Ausführung die vollkommene Koordination der Bewegung fordert und die genaue Abwägung des Erfolges bei jedem Muskel, wird man vor allem einen Aufwand von Nerveneinfluß zu machen haben und die Muskeln werden nur eine schwache mechanische Arbeit leisten können. Die Nervenzentra werden dann mehr Teil an der Übung haben als die Muskelfasern. Die seelischen Fähigkeiten des Subjekts werden lebhafter ins Spiel treten als seine Muskelkraft.

Das Turnen, wie man es heutzutage in Frankreich in den

Erziehungsanstalten betreibt, verwendet den größten Teil der Zeit auf eine lange Erlernung und eine wahre Kopfarbeit. Das Trapez, der Barren, die Ringe sind Geräte, an denen man vielmehr Geschicklichkeit als Arbeit im mechanischen Sinn des Wortes aufzuwenden hat. Viele Schüler haben ganze Monate lang auf die Erlernung einer „Welle“ oder einer „Fahne“ zu verwenden und an dem Tage, wo sie schließlich die Übung gelernt haben, den Muskelkniff entdeckt haben, verrichten sie mit einem Male mit größter Leichtigkeit den Muskelakt, der noch am Tag zuvor über ihre Kräfte zu gehen schien.

Fassen wir die in diesem Kapitel erörterten Tatsachen zusammen, so werden wir zu dem Schlusse kommen, daß es nicht immer leicht ist, die während einer Übung geleistete Arbeitsmenge abzuschätzen und den Grad der Anstrengung bei dieser Übung zu bestimmen. Weder die Schwierigkeit, welche die Ausführung der Bewegungen macht, noch der lokale Erfolg, den sie erzwingen können, dienen dazu, die Intensität der Arbeit zu kennzeichnen, und häufig ist eine sehr strenge Untersuchung nötig, um die verausgabte Kraft zu berechnen.

Aber mangels einer mechanischen Analyse können uns die physiologischen Resultate einer Übung als Grundlage dienen, um den Grad ihrer Anstrengung abzuschätzen. Die großen Lebensfunktionen verbinden sich mit einer Muskelübung um so energischer, je intensiver die geleistete Arbeit ist. Wir haben im Kapitel über das Außeratemkommen die enge Verbindung nachgewiesen, die zwischen dem Anwachsen des Atmungsbedürfnisses und der Vermehrung der Muskelarbeit besteht. Die Energie und Häufigkeit der Herzbewegung steigert sich nach denselben Gesetzen. Die Beschleunigung des Atemholens wird übermäßig nur bei solchen Übungen, die eine sehr große Kraftausgabe erheischen. Die Muskelarbeit dagegen kann sich mit Intensität offenbaren, ohne daß die geleistete Arbeitssumme sehr beträchtlich ist: z. B. in dem Falle, wo die Arbeit mit Hülfe einer sehr kleinen Zahl von Muskeln ausgeführt wird.

Die Form, welche die Ermüdung infolge einer Übung einnimmt, kann also physiologisch das Maß der geleisteten Arbeit für eine gegebene Zeit abgeben. Die Muskelermüdung einer

Körpergegend kann dazu dienen, die Intensität der lokalen Arbeit abzuschätzen, welche dieselbe ausgehalten hat; das Maß der Gesamtarbeit wird nur durch die Heftigkeit der Störungen, welche die Lunge und das Herz erleiden, d. h. durch die Intensität des Atemholens und die Beschleunigung des Pulses gegeben werden.

Der Maßstab, den wir zugrunde legen, kann offenbar nur für ein und dasselbe Subjekt oder für Subjekte gelten, die an Widerstandskraft, an Stärke und Arbeitsgewöhnung gleich sind; aber wenn diese Einschränkung gemacht wird, so kann man als Kriterium der Einteilung folgenden Satz formulieren: Wenn nach einer Übungsstunde ein Mensch von mittleren Kräften weder Müdigkeit noch Atembeschwerden empfindet, so wird man die Übung leicht nennen können. Wenn die Übung zu einer lokalen Ermüdung ohne Atembeschwerde geführt hat, wird sie als mäßige zu bezeichnen sein. Die Übung wird aber anstrengend heißen können, wenn sie von Atembeschwerde begleitet wird oder solche nachträglich herbeiführt.

Diese Einteilung erscheint uns vom physiologischen Standpunkte aus als die richtigste; sie beruht nicht auf der Schwierigkeit der Übung, sondern auf der physiologischen Reaktion, die sie auf den Organismus ausübt. Diese Reaktion ist für ein und dasselbe Subjekt proportional der Arbeitsmenge, welche die Organe in einem bestimmten Zeitraum leisten.

III. DIE KRAFTÜBUNGEN

Die athletische Gymnastik · Häufiger Eintritt der Anstrengung bei den Kraftübungen · Warum man nicht bei Ausführung einer Kraftübung lachen darf · Die Theorie Ch. Bells über die Ausdrucksbewegungen · Die Intensität des Atemholens bei den Kraftübungen · Der Ringkampf · Vorzüge der Kraftübungen · Gefahren der Stemmung; Häufigkeit der Brüche; Häufigkeit von Gefäßzerreißungen · Die Überanstrengung und Erschöpfung bei Kraftleistungen

Wir bezeichnen als Kraftübungen solche, bei denen jede Bewegung eine große Arbeitssumme darstellt und die Spannkraft einer großen Muskelmasse ins Spiel bringt.

Das Heben und Transportieren schwerer Gewichte bildet den Typ der Kraftarbeiten, und in der Tat lassen ihre Wirkungen sich am besten in den schweren Handarbeitergewerben studieren.

A priori können die Bewegungen des Turnens an Geräten, deren Zweck gewöhnlich nur der ist, eine Verrenkung des Körpers nach verschiedenen Richtungen hin zu ermöglichen, nicht Anlaß zu so angestrengten Muskelanspannungen bieten, wie diejenigen eines Menschen, der gleichzeitig seinen Körper und ein Gewicht bewegen muß, das schwerer ist als sein Körper selbst. Und in der Tat, die Turnübungen sind selten Kraftübungen. Es gibt jedoch Bewegungen, die mit Hülfe von sog. Lastgeräten ausgeführt werden, die auf den ersten Blick eine enorme Kraftausgabe zu fordern scheinen infolge der ungünstigen Bedingungen, unter welchen die Knochenhebel tätig werden. Aber man bemerkt bald, daß die Muskelanstrengungen bei diesen Bewegungen in direktem Verhältnis zur Unerfahrenheit des Turners steht. Mit einiger Übung gelangt man immer dahin, die Art und Weise zu finden, welche die Übung erleichtert. Die menschliche Maschine repräsentiert ein Gliedersystem, das aus einer sehr großen Anzahl von beweglichen Stücken zusammengesetzt ist, die eins in das andere eingreifen. Daraus ergibt sich eine unendliche Anzahl von Kombinationen in ihrer Einstellung. Sehr oft verändert eine unbemerkliche Abwandlung

in der Richtung des Gliedes vollständig die Bedingungen der Arbeit. Eine kaum merkliche Abweichung bei Ausführung der Übung, welche der Aufzug genannt wird, mindert die Quantität der Kraftausgabe um $^9/_{10}$. Auch fordert manche Übung, die bei ihrem Anfang athletisch zu sein scheint, nach einigen Monaten der Ausführung nur eine sehr mäßige Kraftanspannung.

Die Kraftübungen lassen sich besser in den Buden der Ringkämpfer als in den Turnhallen studieren. Sie machen das aus, was man als athletische Gymnastik bezeichnet, und der Ringkampf ist heutzutage vielleicht die einzige Körperübung, die in diese Kategorie eingereiht werden kann; auch kommen Geschicklichkeit und List in hohem Maße dabei zur Geltung.

Die Übungen, bei denen der Mensch die ganze Kraft auszugeben hat, über die er verfügt, setzen das Eintreten zweier Faktoren voraus, der Muskeln und des Willens. Diese Übungen sind es vor allem, bei denen man die Bedeutung des Nervenstroms als eines Agens der Arbeit kennen lernen kann. Zwei Kämpfer, die vom Standpunkt der Körperbildung aus und in Ansehung der Muskulatur völlig gleich sind, werden oft einen sehr beträchtlichen Unterschied bei den Kraftübungen zutage treten lassen. Man wird mit Sicherheit voraussagen können, daß der Vorteil bei dem ist, dessen Willenskraft mehr Energie besitzt; denn diese Energie offenbart sich auf der physischen Ebene durch eine intensivere Reizung des Muskels und durch die kräftigere Zusammenziehung seiner Bewegungsfasern.

Die Kraftübungen verlangen die gleichzeitige Tätigkeit einer großen Zahl von Muskeln, sie fordern ferner, daß jeder Muskel die ganze Kraft ausgibt, deren er fähig ist: dazu ist es nötig, daß der tätige Muskel eine sehr solide Stütze an einem bestimmten Punkte des Skeletts findet. Da nun die Knochen des Skeletts einer gegen den andern beweglich sind, so ist eine notwendige Vorbereitung für athletische Bewegungen, daß alle Knochenstücke durch einen kräftigen Druck stark vereinigt werden, so daß sie ein starres Ganzes bilden. Diese Notwendigkeit, in gewisser Weise eine Menge von beweglichen Stücken zusammen-

zuschweißen, um daraus ein widerstandsfähiges Gerüst zu bilden, ist ein sehr charakteristischer Punkt der Physiologie der Kraftübungen. Die athletische Gymnastik fordert die häufige Anwendung eines Aktes, den man als „Stemmen" bezeichnet.

Wir haben im 2. Kapitel des ersten Teils eingehend die Anstrengung beschrieben und die aus ihr erwachsenden Veränderungen der Atmung behandelt. Die Anstrengung ist sozusagen das charakteristische Kennzeichen der Kraftübungen. Es ist für einen Menschen unmöglich, seine ganze Kraft einzusetzen, ohne daß sich bei ihm jene gewaltsame Anspannung aller seiner Rumpfmuskeln vollzieht, die den Zweck hat, seine Rippen unbeweglich zu machen, und die zugleich die Atmung aufschiebt. Wenn es sich darum handelt, eine sehr schwere Last vom Boden aufzuheben, so fällt es auf, daß der ganze Körper von den Füßen bis zum Kopfe sich steif macht und daß die Knochen sich zusammenfügen, wie wenn sie unter dem energischen Druck der sie umgebenden Muskeln zusammengeschweißt werden sollten. Jedes Glied, das mehrere sehr bewegliche Knochen einschließt, scheint jetzt nur noch ein einziges starres Stück zu bilden; der Rumpf, der Nacken, der Kopf nehmen an dieser allgemeinen Steifheit teil, und sogar die Gesichtsmuskeln pflegen sich während einer Anstrengung gewaltsam zu spannen, obwohl man sich auf den ersten Blick keine Rechenschaft über die Rolle zu geben vermag, welche sie dabei spielen, so z. B. die Augenbrauen- und Wangenmuskeln, wenn man eine Last auf die Schultern hebt.

Der starre Gesichtsausdruck eines Menschen, der alle seine Kräfte einsetzt, ist der gewöhnlichen Beobachtung nicht entgangen. Wie erinnern uns der Reklame eines Jahrmarktsherkules, daß er eine schwere Last heben könne mit einem „Lächeln um den Lippen". In der Tat führte er dies Kunststück aus, aber sein angebliches Lachen war nur ein Mundaufreißen, bei dem sich die Augenbrauen- und Lidmuskeln nicht beteiligten, da diese gespannt blieben in ihrer Mitwirkung bei der Anspannung.

Der englische Physiologe Ch. Bell hat schon vor langer Zeit eine Erklärung für diese Anteilnahme der Muskeln, die das Auge umgeben, bei der Anstrengung geliefert. Während der Anstren-

gung vollzieht sich ein Blutzustrom in den Gefäßen der inneren Augenhöhle und bewirkt durch Anschwellung, daß die Augen aus derselben hervortreten wollen. Die Muskeln, welche die Augenhöhle umgeben, ziehen sich instinktiv zusammen, um einigermaßen das Auge, das sie umgeben, festzuhalten und zu zügeln und an dem Austritt zu verhindern. Vgl. Bell, Die Nerven der Respiration.

Der erste Erfolg einer Kraftübung scheint der zu sein, schnell eine Ermüdung derjenigen Muskeln herbeizuführen, deren enorme Arbeit plötzlich verlangt wird. Gleichwohl tritt im Verlauf der Übung die Atembeschwerde vor dieser Muskelermüdung ein. So langsam auch die Bewegungen sein mögen, so wird doch die Atmung sehr schnell gehemmt, und der Athlet, welcher ringt, oder der Lastträger, der eine schwere Last trägt, müssen oft anhalten, um sich zu verschnaufen, obwohl ihre Muskeln noch nicht ermüdet sind.

Wir haben in dem Kapitel über die Atembeschwerde eingehend den Mechanismus dieser Atemnot infolge der Ausgabe großer Muskelkraft erörtert. Die arbeitenden Muskeln erzeugen Kohlensäure nach Verhältnis der Intensität ihrer geleisteten Arbeit. Bei den Kraftübungen entsteht bei jeder Bewegung im Lebenshaushalt mehr Kohlensäure, als die Lungen auszuscheiden vermögen, und die Übersättigung des Blutes mit Kohlensäure führt die Atemnot herbei.

Die Anstrengung selbst aber führt schon an sich dazu, die Atembeschwerden bei Kraftübungen hervorzurufen. Dieser Akt bedingt die Aufhebung der Einatmung während der Dauer der Muskelanspannung, welche die Arbeit begleitet: er hemmt somit die Ausscheidung der Kohlensäure gerade in dem Augenblick, wo dieses Gas in übermäßiger Menge erzeugt wird. Er veranlaßt außerdem eine heftige Pressung der großen Brustvenen, der großen Arterien und sogar des Herzens und ruft überhaupt eingreifende Störungen im Blutumlauf der Lungen hervor, deren Regelmäßigkeit die Hauptbedingung der Bluterneuerung bildet.

Unter den Körperübungen findet sich eine, die als Typ der Kraftprobe gelten kann: dies ist der Ringkampf. Für zwei aus-

gebildete Ringkämpfer, die vor dem Publikum auftreten, ist das Ringen mehr eine Probe der Gewandtheit und Geschmeidigkeit, als einer athletischen Übung. Wenn aber die Gegner entschlossen, alle ihre Mittel aufzuwenden, sich ohne Schonung zu werfen bestrebt sind, so kann man einen enormen Aufwand von Muskelkraft beobachten. Sehr erhebliche Muskelanstrengungen können ohne auffällige Arbeit, d. h. ohne daß die Körper der Gegner die geringste Bewegung machen, eingesetzt werden. Die Anstemmung des einen Kämpfers wird durch den Widerstand des andern so lange gehemmt, bis der Stärkste, indem er in der kräftigsten Anspannung aushält, die Erschlaffung des Schwächeren herbeiführt, der dann schließlich am Ende seiner Kraft nachgibt und sich fallen läßt.

In diesem Augenblick kann man bemerken, wie bei beiden Kämpfern die Atembeschwerde aufs höchste gesteigert ist. Ein Ringkämpfer, der besiegt sich wieder erhebt, zeigt alle Störungen der Atmung, wie ein Schnelläufer, der atemlos anhält. Der Ringkampf ist nicht nur ein brutaler Gewaltakt, er hat seine Finten, seine Attacken, seine Paraden. Was aber den Hauptcharakter dieser Übung ausmacht, ist die Notwendigkeit, bei den Angriffs- oder Abwehrbewegungen alle Kräfte einzusetzen, über die man verfügt, dermaßen, daß selbst für die geübtesten Kämpfer der Ringkampf allemal mit einer sehr großen Kraftausgabe verknüpft ist und somit von allen Körperübungen die brutalste bleibt. Er bildet diejenige Übung, bei welcher die Muskelmasse den wesentlichsten Stützpunkt des Erfolges darstellt. Daher ist es auch diejenige, die am besten geeignet ist, die Muskeln zu entwickeln und dem Körper Umfang und Gewicht zu verschaffen; denn alle Übungen streben dem Körper diejenige Bildung zu geben, die ihn zu ihrer Ausführung am tauglichsten macht.

II

Die Kraftübungen erheischen einen großen Muskelaufwand, aber sie erzeugen alle Bedingungen für eine energische Wiederherstellung der Gewebe. Sie fordern sehr wenig Koordinationsarbeit und keine häufige Wiederholung von Bewegungen. Sie

verursachen weniger Erschütterung in den Nerven, als die Geschwindigkeitsübungen, und erheischen nicht, wie die Gewandtheitsübungen, eine große Gehirnarbeit.

Eine Kraftübung wird fast immer mit Hülfe langsamer und anhaltender Anspannungen ausgeführt. Die Muskelfaser eines Menschen, der ringt, bleibt manchmal eine Minute lang in derselben Richtung gespannt; die Muskeln eines Menschen, der ficht, gehen in jeder Sekunde aus der Ruhe in Tätigkeit über, indem sie die Gliedmaßen nach den verschiedensten Richtungen hin verstellen. Die kräftigen und anhaltenden Kontraktionen begünstigen die Ernährung der Muskelfaser. Die Ernährung des Muskels ist bei langsamen Kontraktionen intensiver, weil dabei der Blutzustrom regelmäßiger und dauernder ist.

Die Kraftübungen und schweren körperlichen Arbeiten ermüden ungeachtet der großen Arbeitssumme, die sie verlangen, wenig das Gehirn und haben einen stärkeren Einfluß auf die Funktionen der Ernährung, als auf diejenigen der Innervation. Die energischen und anhaltenden Kontraktionen, die sie fordern, ziehen heftig das Blut in die Muskeln und halten es dort lange fest. Die Muskelfaser profitiert von diesem anhaltenden Kontakt und vermehrt ihr Volumen. Andrerseits bereichert sich das Blut mit einer großen Menge Sauerstoff; denn die Steigerung des Atmungsbedürfnisses ist der erste Erfolg großer Ausgaben von Muskelkraft. Dieses Bedürfnis findet seine freie und leichte Befriedigung in den Ruhezeiten, die unvermeidlich jeder Anstrengung folgen. Endlich führt die Intensität der notwendigen Verbrennungen bei starker Arbeitsleistung zum schnellen Aufbrauch und Verschwinden der Reservegewebe und zur Notwendigkeit eines raschen Wiederersatzes. Daher die Entwicklung des Appetits. Andererseits hat die wiederholte Anspannung der Unterleibsmuskeln, bei häufiger Wiederholung der Anstrengung die Wirkung einer Art von Massage auf die Eingeweide, was den Stoffwechsel und den Stuhlgang begünstigt.

Die Kraftübungen begünstigen also alle Ernährungsfunktionen. Sie aktivieren mit Energie und sogar mit Heftigkeit das Funktionieren aller Organe des Körpers, während sie die seelischen Vermögen verhältnismäßig in Ruhe lassen. Nun aber

ist die Ruhe des Nervensystems eine wertvolle Bedingung für die Wiederherstellung der durch Arbeit erlittenen Einbußen.

Die Beobachtung der Tatsachen beweist, daß die athletischen Übungen, wenn sie die Grenzen der Kraft des Subjekts nicht überschreiten, dieses in die günstigsten Ernährungsbedingungen versetzen. Unter Leitung eines ruhig gebliebenen Nervensystems vollziehen sich die Stoffwechselvorgänge mit vollkommener Regelmäßigkeit, und man sieht, daß die Erwerbungen, die der Organismus macht, der sich die Nahrungsstoffe besser assimiliert, die infolge der Arbeit erlittenen Verluste überwiegen. Die Kraftübungen sind geeignet, eine Gewichtsvermehrung herbeizuführen.

Die Kraftübungen scheinen vom hygienischen Gesichtspunkte aus den Vorzug zu verdienen, und in der Tat findet man in den Gewerben, in denen die Arbeit in massiver Dosis verausgabt wird, die kräftigsten Subjekte. Aber diese Übungen setzen, um gesund zu sein, mehrere Bedingungen voraus, die sich nicht immer vereint finden. Zuvörderst muß der Organismus, der sich ihnen unterwirft, solide konstruiert und von jeder Ernährungsstörung frei sein. Die Muskeln, die Sehnen, die Gelenke, die Knochen selbst sind so heftigen Zerrungen und Pressungen ausgesetzt, daß sich Zerreißungen aller Art einstellen, wenn nicht fortschreitende Eingewöhnung sie allmählich gefestigt hat. Unfälle aller Art, Gelenkschmerzen, Zerreißungen, Verrenkungen werden im Verlauf der Kraftübungen häufig beobachtet. Noch schwerere Verletzungen, Brüche, Lungenblutungen, Zerreißungen großer Gefäße und selbst des Herzens können sich einstellen, wenn die inneren Organe nicht vollkommen gesund sind. Organe, die von der geringsten Entartung betroffen sind, werden bald untauglich, den heftigen Zug der Anstrengung auszuhalten.

Schließlich ist es bei Gefahr, in Erschöpfung zu verfallen, nötig, die Arbeit ganz allmählich zu steigern und die hohen Dosen erst nach vollkommener Trainierung zu nehmen. Wenn der Mensch, der eine Kraftübung anfängt, zu stark mit Reservegeweben ausgestattet ist, so treten diese in Menge in den Stoffwechselvorgang ein und erzeugen eine übermäßige Masse von

Abfällen. Daher Selbstvergiftung durch alkaloide und andere giftige Stoffe.

So erklären sich die Erschöpfungsfieber, die man oft für typhoide Fieber nimmt, bei jungen Rekruten. Die Tatsachen zeigen, daß diese Fieber mit Vorliebe bei Waffengattungen wüten, die besondere Kraftleistungen bedingen, z. B. bei der Artillerie.

Um ungestraft Kraftübungen zu machen, hat man sich, um die erlittenen Verluste zu ersetzen, reichlich zu ernähren. Ist die Nahrung nicht genügend kräftig, so vollzieht sich die Arbeit auf Kosten des Körpers, das Subjekt magert ab und verbraucht sich schnell.

Die Erschöpfung wird die Folge einer übermäßigen und die Kräfte des Subjekts überschreitenden Arbeit sein, selbst wenn die reichlichste Nahrung verabfolgt wird. Wenn ein Mensch von seinen Muskeln eine Kraftentfaltung verlangt, die außer Verhältnis zu ihrer Spannkraft steht, so muß er eine energische Aufforderung an seinen Willen richten und eine starke Ausgabe von Nerveneinfluß fordern, um die ohnmächtige Muskelfaser lebhafter anzureizen. Er kann so eine Arbeit leisten, die seine Kraft übersteigt, aber dann entnimmt er seinen Nerven, was der Muskel nicht hergeben kann. In diesem Falle bietet die Kraftübung nicht ihren gewöhnlichen Vorteil: die Sparung von Nerveneinfluß. Eine Arbeit der Nervenzentra ist nötig, um die Reizbarkeit des Muskels zu steigern. Man kann nicht genau sagen, worin diese Arbeit besteht. Die übermäßige Anstrengung des Willens bei der Arbeit führt aber bald zur Erschöpfung. Das Subjekt magert ab, verliert Appetit und Schlaf; es verfällt den Folgen der Überarbeitung und Erschöpfung. — So sieht man Pferde schnell zugrunde gehen oder sich abnutzen, die im übrigen mit aller Sorgfalt und Nahrungsmitteln bester Auswahl gefüttert werden, wenn man von ihnen verlangt, daß sie zu schwere Lasten ziehen, und wenn ihre ehrgeizige und edle Natur sie antreibt, die Arbeit bis zur letzten Grenze ihrer Kräfte zu treiben.

IV. GESCHWINDIGKEITSÜBUNGEN

Häufung der Arbeit durch schnelles Aufeinanderfolgen der Bewegungen · Gemeinsame Resultate der Kraftarbeiten und der Geschwindigkeitsübungen; der „Durst nach Luft", das Außeratemkommen · Vereinigung von Kraft und Schnelligkeit · Die Parforceleistung; ihre Gefahren · Rolle des Nervensystems bei der Geschwindigkeitsübung · Das Helmholtzsche Gesetz; die Muskelzeit; die „verlorene Zeit"; ihre Verschiedenheit bei den Tiergattungen · Die Schnecke und der Vogel; ihre Verschiedenheit bei Individuen und Völkern · Die holländischen Ruderer · Erfolge der Schnelligkeitsübungen · Ergebnisse der Prüfung der Arbeitsleistung; sie ähneln den Ergebnissen der Kraftübung · Ergebnisse der Ausgabe von Nerveneinfluß; Einfluß auf die Ernährung · Warum die Schnelligkeitsleistungen zur Abmagerung führen

Man nennt Geschwindigkeitsübungen diejenigen, welche durch sehr häufige Wiederholung der Muskelbewegungen bedingt sind.

Es gibt sehr große Unterschiede zwischen den verschiedenen Geschwindigkeitsübungen vom Standpunkte der Intensität der Arbeit. Manche unter ihnen können als Muster der anstrengenden Übungen angeführt werden, z. B. der Wettlauf. Andere dagegen fordern nur eine so geringe Ausgabe von Kraft, daß sie kaum den Namen einer Übung verdienen. Ein Pianist, der Tonleitern spielt, verrichtet ungeachtet der außerordentlichen Geschwindigkeit seiner Fingerbewegungen nur eine unbedeutende Muskelarbeit.

Was den wesentlichen Charakter der Geschwindigkeitsübung ausmacht, ist die rapide Vervielfachung der Muskelbewegungen. Eine Reihenfolge von wenig bedeutenden, aber oft wiederholten Anstrengungen ermöglicht es so, in kurzer Zeit eine beträchtliche Arbeit zu verrichten, ohne sehr bedeutende Muskelmassen ins Spiel zu setzen. In der Tat können zehn Bewegungen, deren jede eine Kraftausgabe von 10 kg fordert, dieselbe Arbeit darstellen, wie eine Bewegung, deren Kraftausgabe sich auf 100 kg beziffert, und begreift leicht, daß zehn schnelle Bewegungen in derselben Zeit ausgeführt werden können, wie eine einzige sehr

langsame. Vom Gesichtspunkte der Arbeitseffekte betrachtet, kann die Geschwindigkeitsübung somit einer Kraftübung völlig gleichwertig sein.

Die Geschwindigkeitsübungen können ebensogut wie die Kraftübungen eine große Summe von Arbeit in kurzer Zeit liefern. Dieser gemeinschaftlichen Bedingung entspringen gewisse identische Wirkungen, z. B. das Außeratemkommen. Aber jede dieser Arten von Übungen hat auch ihren besonderen Charakter, dem sehr verschiedene Ergebnisse zu verdanken sind. Die einen verlangen vom Muskel, daß er seine Kontraktion mit aller ihm möglichen Energie vollzieht, die anderen fordern dieses nicht, wohl aber, daß er nach sehr kurzer Unterbrechung und in einer großen Zahl von Malen von Ruhe zur Tätigkeit zurückkehrt.

Der wesentliche Charakter der Geschwindigkeitsübungen, derjenige, dem ihre bemerkenswertesten physiologischen Wirkungen zuzuschreiben sind, ist gerade dieser wechselnde und häufig wiederholte Übergang der Muskeln von der Entspannung in den Zustand der Anspannung.

Man hat die Geschwindigkeitsübungen von zwei sehr verschiedenen Gesichtspunkten aus zu betrachten: 1. hinsichtlich der Schnelligkeit, mit der die Arbeit sich häuft; 2. hinsichtlich der Geschwindigkeit, mit der die Bewegungen aufeinander folfolgen.

Die schnelle Häufung der Arbeit hängt von zwei Faktoren ab, von der durch jede Muskelanspannung dargestellten Arbeitsmenge und der Zahl der in einem gegebenen Zeitraum gemachten Anspannungen. Ob sich die Arbeit durch Intensität der Anstrengungen oder durch ihre Zahl anhäuft, die Resultate sind dieselben. So wird die Atembeschwerde dieselbe sein nach 100 Bewegungen, die je 10 kgm leisten, wie nach 10 Bewegungen, deren jede 100 kgm liefert, wenn nur in beiden Fällen dieselbe Arbeitssumme in derselben Zeit geleistet wird. — Ein Mensch, der mit einer sehr schweren Last auf den Schultern langsam eine Treppe hinaufsteigt, verrichtet eine Kraftarbeit. Derjenige, der sich mit aller Schnelligkeit bei einem Wettlauf in der Ebene fortschnellt, vollzieht eine Geschwindigkeitsübung. Alle beide

leisten in sehr kurzer Zeit eine große Arbeitsmenge, der eine durch langsame Bewegung, deren jede eine große Kraftausgabe darstellt, der andere durch schnelle Bewegung, die jede für sich eine unendlich geringere Arbeitsmenge enthalten, die aber schließlich durch Multiplikation der Anstrengungen zu einer beträchtlichen Kraftausgabe führen.

So können die Geschwindigkeitsübungen ebensogut wie die Kraftübungen die Anhäufung der Arbeit herbeiführen. Der Mensch, welcher läuft, nimmt ebensogut wie der Mensch, welcher ringt, Übung in hoher Dosis.

Auf diese Weise kann die Schnelligkeit die Kraft ersetzen und gestattet es, gewissen Subjekten mit schwachen Muskeln an den allgemeinen Erfolgen der anstrengenden Übung teilzunehmen, ohne die sehr intensiven Anspannungen zu fordern, welche sie nicht ausführen könnten. Die Intensität der Arbeitsverbrennungen ist der Gesamtheit der verausgabten Kraft proportional, mag nun diese Verausgabung en bloc und mit einem Male stattfinden oder sich in aufeinander folgenden Bruchteilen mit Hülfe kleiner sehr nah zusammenstehender Anspannungen erfolgen. Nun ist die Erzeugung der Verbrennungsabfälle z. B. der Kohlensäure der Intensität der Verbrennung proportional, und aus der Dosis der im Organismus angehäuften Kohlensäure ergibt sich die Stärke des Atmungsbedürfnisses, die Größe und Häufigkeit der Atemzüge. Das Bedürfnis, Sauerstoff aufzunehmen, ist eng verknüpft mit der Notwendigkeit, Kohlensäure auszuscheiden, und der *Durst nach Luft* wird das unvermeidliche Ergebnis einer sehr angestrengten Muskelarbeit, welches auch die Art und Weise ihrer Ausführung sein mag, Kraft oder Geschwindigkeit.

Die Geschwindigkeitsübungen erzeugen ebenso wie die Kraftübungen diesen Durst nach Luft, der für die Atmung dasselbe ist, was der Appetit für die Verdauung. Das Strickspringen, die Verfolgungsspiele und die zahlreichen sonstigen Kinderspiele, deren wesentlicher Charakter darin besteht, daß die Spieler zum Wetteifer der Schnelligkeit gezwungen werden, sind ebenso nützlich wie die Kraftübungen, und vielleicht noch mehr, wenn man sie aus dem Gesichtspunkte der Atmungshygiene betrachtet.

Ein Kind, das sich im Fangspielen amüsiert hat, ohne eine anstrengende Muskelarbeit aufgewandt zu haben, hat spielend eine größere Menge Sauerstoff in sich aufgenommen als dasjenige, das man mit schweren Hanteln hat turnen lassen. Nun scheint die Aufnahme der größtmöglichen Quantität von Sauerstoff schließlich doch die größte Wohltat zu sein, die man erstrebt, wenn man eine Übung vom hygienischen Standpunkt aus einschätzt.

Bei den Alten haben die Geschwindigkeitsübungen immer den ersten Rang eingenommen. Der Lauf galt als ein Kriterium eines überlegenen Gymnasten, und bei Homer liegt der Hauptvorzug des Achilles in der Schnelligkeit seiner Beine.

Wenn man die Kraftübungen und die Geschwindigkeitsübungen in Parallele setzt, so ergibt sich also als ihr gemeinsames Kennzeichen die Steigerung der Atmung. Aber die Kraftübungen führen dieses Resultat nur auf Kosten einer starken Muskelermüdung herbei, während die Geschwindigkeitsübungen es ermöglichen, die Arbeit bis zum Außeratemkommen zu treiben, ohne daß die Muskeln durch die Arbeit Schmerzen erleiden.

In der Tat setzen vier sukzessive Bewegungen, deren jede eine Kraftleistung von 10 kg darstellt, die Muskelfasern noch nicht einer so beschwerlichen Probe aus, wie eine einzige Bewegung von 40 kg. Es kann bei der Kraftübung vorkommen, daß die Intensität der Anspannung den Organen der Bewegung, die einen Teil des Muskels bilden, eine Zerrung zumutet, die bis an die Grenzen ihres Widerstandes geht, ja sie manchmal überschreitet. Denn Muskelzerreißungen und selbst Knochenbrüche sind bei Kraftübungen nicht seltene Unfälle. Bei Schnelligkeitsübungen gibt der Muskel für gewöhnlich nicht die ganze Spannkraft aus, deren er fähig ist, abgesehen von den seltenen Gelegenheiten, wo die beiden Elemente Kraft und Schnelligkeit verbunden werden, um eine sog. Parforceleistung zu liefern.

Nun vermag die Wiederholung einer mäßigen Anspannung, selbst wenn sie sehr häufig ist, in den Organen keine Reibungen hervorzurufen, die sich mit denjenigen vergleichen lassen, wel-

che durch langsame, aber bis zu den äußersten Grenzen der Muskelkraft getriebene Anspannungen bedingt werden. Um sich davon zu überzeugen, genügt es, nacheinander sehr schnelle Bewegungen zuerst mit einem sehr leichten Gewichte und dann sehr langsame Bewegungen mit einem sehr schweren Gewichte auszuführen: man wird sehen, wie der zweite Versuch beschwerlicher ausfällt als der erste.

Baldiges Außeratemkommen und schnelle Vergiftung des Organismus durch Kohlensäure sind die charakteristischen Folgen einer Kraftübung, sobald eine gewisse Geschwindigkeit mit ihr vereinigt wird. Die schnelle Wiederholung einer Muskelanstrengung, die schon an und für sich eine große Kraftausgabe darstellt, wird, wie leicht begreiflich, in sehr kurzer Zeit eine sehr große Arbeitsanhäufung bewirken, wenn man die Zahl der Kilogrammeter, die jede Anspannung darstellt, mit der Zahl der in einem gegebenen Zeitraum aufeinanderfolgenden Anspannungen multipliziert.

Die Übungen, die gleichzeitig eine große Kraftausgabe und eine große Geschwindigkeit erfordern, verdienen den Namen Parforceleistungen. Sie fordern von der menschlichen Maschine mehr Arbeit als sie zu leisten vermag, und sie dürfen bei Gefahr schwerer Unfälle nicht über eine kurze Zeit ausgedehnt werden. Beim Menschen sind die Folgen solcher übermäßiger Arbeitsanhäufungen selten zu beobachten. Bei Tieren dagegen sind Beispiele öfters zu beobachten, vor allem beim Pferde, diesem edlen Geschöpf, das nach Buffons Ausdruck „stirbt, um gehorsam zu bleiben". Ein warmblütiges Pferd, das vor einen Lastwagen gespannt und zum Galopp angetrieben wird, verrichtet in einem Zuge Kraft- und Geschwindigkeitsarbeit und liefert oft ein Beispiel der mit Parforceleistungen verknüpften Zufälle; von Erstickung durch die sich im Blute ansammelnde Kohlensäure bedroht, den Gefäßzerreißungen und inneren Verletzungen ausgesetzt infolge des durch die Anstrengung bedingten starken Druckes stirbt solch ein Tier oft plötzlich an einer Zerreißung des Herzens oder an plötzlicher Lähmung infolge einer Apoplexie des Rückenmarks.

Fassen wir es zusammen, so bieten die Geschwindigkeits-

übungen den Vorteil, daß sie dieselbe Arbeitsmenge erzeugen, wie die Kraftübungen und das Atmungsbedürfnis mit derselben Intensität erregen. Dazu kommt, daß sie die Tätigkeit der Atmungsfunktionen mit geringerer Ermüdung der Lunge und des Herzens steigern, da bei ihnen eine besondere Anspannung, wie sie bei Kraftübungen unerläßlich ist, nur ausnahmsweise vorkommt. — Dies ist der erste Grund, um den Geschwindigkeitsübungen den Vorzug zu geben, sofern es sich darum handelt, den Sauerstoffverbrauch des Subjekts zu vermehren.

Auf Seiten des Muskelsystems wird die Geschwindigkeitsübung bei gleicher Anzahl von Kilogrammetern in einer gegebenen Zeit weniger Müdigkeit verursachen, als die Kraftarbeit, und den Bewegungsapparat weniger den mannigfaltigen Unfällen aussetzen, die mit den Zerrungen und Reibungen der beweglichen Teile verknüpft sind.

Aber diese Vorteile werden durch einen andern aufgewogen, der den Kraftübungen zuerkannt werden muß: die stärkere Entwickelung der Muskulatur. Der Zustrom des Blutes zur Muskelfaser ist um so beträchtlicher, je intensiver die Anspannung ist, und die Berührung dieser Flüssigkeit mit dem kontraktilen Element dauert um so länger, je dauernder die Kontraktion ist. Diese Tatsache wird durch folgende Beobachtung bewiesen. Bei einem Menschen, den man zur Ader läßt, entströmt das Blut, solange die Venen voll sind, einen Augenblick von selbst, dann hält der Strahl ein. Läßt man ihn alsdann Bewegungen mit dem Vorderarm ausführen, so beginnt der Strahl von neuem, nicht weil die Venen einen Druck erleiden, der sie ausleert, sondern weil die Kontraktion den Muskeln mehr Blut zuführt.[1] Wenn nun die Muskeln sich energisch und anhaltend anspannen, so strömt der Blutstrahl voll und ohne Unterbrechung. Wenn man eine Reihenfolge von kleinen Anspannungen machen läßt, die mit großer Geschwindigkeit aufeinander folgen, so erfolgt der Blutstrom in Absätzen, schwächer und liefert in derselben Zeit eine weniger große Quantität. Dieser Versuch beweist, daß während einer Reihenfolge von kleinen, dicht auf-

[1]) Marey, La circulation du sang.

einanderfolgenden Spannungen weniger Blut durch den Muskel strömt, als während einer einzigen lange anhaltenden Kontraktion.

Ein anderer Versuch ist nicht nötig, um zu beweisen, daß die Ernährung des Muskels während der Schnelligkeitsübungen weniger aktiv ist als während der Kraftübungen, da man weiß, daß die Ernährung einer Körpergegend in direktem Verhältnis zu der Blutmenge steht, welche sie durchströmt.

Die Folgerungen, die wir im vorstehenden aus der Physiologie der Muskelarbeit gezogen haben, werden vollständig durch die unmittelbare Beobachtung der Tatsachen bestätigt. Die Schnelligkeitsübungen entwickeln die Muskeln nicht sehr merklich, während die Kraftübungen sie sehr im Volumen zunehmen lassen. Alle Welt kennt die übertriebene Muskelentwicklung der Jahrmarktsathleten; man weiß aber auch, daß die gewerbsmäßigen Schnelläufer nicht selten dünne Waden haben. Umgekehrt entwickeln die Geschwindigkeitsübungen den Brustumfang mehr als alle anderen, und keine einzige Turnübung vermag die Atmung so schnell zu verbessern, wie der sog. Dauerlauf.

II

Bei der Physiologie der Schnelligkeitsübungen verdient ein besonders interessanter Punkt beachtet zu werden: das ist die übermäßige Ausgabe des Nerveneinflusses, den sie veranlassen. Die Schnelligkeit bei den Bewegungen fordert auf seiten der Nervenzentra einen Zuwachs von Arbeit, der unserer Ansicht nach in folgenden physiologischen Tatsachen eine hinreichende Erklärung findet.

Der Muskel gehorcht dem Willen, der ihm eine Bewegung anbefiehlt, niemals augenblicklich. Dies ist eine Tatsache, die Helmholtz im Jahre 1850 entdeckt hat. Dieser Physiologe hat bewiesen, daß, wenn man mit Hülfe einer elektrischen Ladung einen bestimmten Punkt der Bewegungsnerven reizt, allemal ein merklicher Zeitraum zwischen dem Augenblick der Reizung des Nerven und demjenigen der Kontraktionen der Muskeln, welchen diese Reizung zugeführt wird, verfließt. Diese Ver-

zögerung ist zum Teil der Zeit zu verdanken, welche die Reizung braucht, um die Nerven zu durcheilen; aber auch wenn man die Dauer dieses Durchgangs, den man genau hat messen können, in Rechnung zieht, bleibt immer noch ein Bruchteil einer abschätzbaren Zeit, während welcher der schon von dem elektrischen Reiz berührte Muskel noch nicht in Kontraktion tritt.

Helmholz hat dieser Periode des Schweigens, während welcher das Bewegungsorgan, obwohl es den Befehl des Willens schon vernommen hat, ihn noch nicht durch eine Bewegung beantwortet, den Namen „verlorene Zeit“ gegeben.

Nun können verschiedene Bedingungen die Dauer der verlorenen Zeit verändern und den Gehorsam des Muskels gegen den Reiz, welchen er empfängt, langsamer oder schneller machen, Unter diesen Bedingungen sind einige mit dem Muskel verbunden und lassen sich in eine einzige zusammenfassen, nämlich seine größere oder geringere *Reizbarkeit*; die anderen hängen ab von dem erregenden Agens und sind der größeren oder geringeren Intensität untergeordnet, mit welcher dieses Agens seinen Einfluß ausübt.

Die wirksamste Bedingung, um die verlorene Zeit abzukürzen, ist die Intensität der Reizung der Muskelfaser. — Nehmen wir an, das bewegende Organ werde einem elektrischen Strome ausgesetzt, die verlorene Zeit sei z. B. $^2/_{100}$ Sekunde bei einer durch die Ziffer 1 dargestellten elektrischen Kraft, so wird ihre Dauer auf $^1/_{100}$ Sekunde reduziert, wenn man die Stärke des Stromes verdoppelt. Nehmen wir jetzt an, der Erreger des Muskels sei der Wille: dasselbe Gesetz wird für die Dauer der verlorenen Zeit anwendbar sein, und diese wird um so kürzer sein, je stärker die von dem Willensbefehl an die Muskelfaser gelangende Reizung ist. Nun kann eine stärkere Reizung der Muskelfaser, wie wir im ersten Teile dieses Buches gesagt haben, nur auf Kosten einer heftigeren Erschütterung der Gehirnzellen und der Nervenfasern erzielt werden, welche die leitenden Organe für den nervösen Willenseinfluß bilden.

Die *Willensanspannung* — gleichbedeutend mit Nervenerschütterung — wird also eine um so intensivere sein müssen,

je mehr der Augenblick, in dem der Befehl zur Bewegung gegeben wird, sich demjenigen seiner Ausführung annähern soll.

Die Geschwindigkeitsübungen, welche die sehr häufige Wiederholung der Bewegungen fordern, d. h. den wechselnden und sehr schnellen Übergang von Erschlaffung zur Anspannung, von Ruhe zur Bewegung, erheischen also einen Zuschuß an Willensanstrengung, der bestimmt ist, die Antwort des Willens auf den an ihn gerichteten Befehl zu beschleunigen, daher ein Mehr von nervöser Kraftausgabe, die sich nicht in eine *energischere*, sondern in eine *plötzlichere* Kontraktion umsetzt, deren Erfolg nicht eine Vermehrung des Arbeitseffektes, sondern eine Verminderung der verlorenen Zeit ist.

Diese Erklärung, die wir aus dem Helmholtzschen Gesetze abgeleitet haben, wird durch die Beobachtung der Tatsachen bestätigt; denn die Geschwindigkeitsübungen werden von gewissen Ermüdungserscheinungen begleitet, die außer Verhältnis zu dem mechanischen Arbeitserfolg stehen und nur auf ein Mehr nervöser Arbeit zurückgeführt werden können.

Wir haben gesehen, daß zu den Bedingungen, welche die Dauer der verlorenen Zeit abändern können, in erster Linie die größere oder geringere Reizbarkeit des Muskels gehört. Reizbarkeit ist die Eigenschaft des Muskels, einen Reiz, sei es nun eines äußeren Einflusses oder des Willens, durch eine Kontraktion zu beantworten.

Es gibt Ursachen, welche die Reizbarkeit des Muskels verringern; die gewöhnlichste ist die Ermüdung. Ein ermüdeter Muskel reagiert nicht mehr auf schwache Reizungen, die vor Beginn der Arbeit genügten, ihn in Tätigkeit zu bringen. Ferner wenn der Reiz stärker wird und eine genügende Intensität erlangt, um den Muskel wieder anzuspannen, so bemerkt man, daß diese Kontraktion sich nur langsam und träge vollzieht, und daß die verlorene Zeit länger ist als sie bei dem frischen Muskel beobachtet wurde. Um von einem ermüdeten Muskel eine schleunige Antwort zu erhalten, muß man zu Reizungen von sehr großer Stärke greifen. — Diese Tatsache erklärt uns, wie die Muskelermüdung dem Menschen seine Fähigkeit zur Geschwin-

digkeit benimmt, bevor er schon das Vermögen zu energischen Muskelanspannungen eingebüßt hat.

Je reizbarer der Muskel ist, desto tauglicher er ist, dem Willen prompt zu gehorchen, um so fähiger ist er, Geschwindigkeitsübungen auszuführen. Nun — dieser Punkt ist bemerkenswert — besitzen natürlich nicht alle Muskeln dieselbe Reizbarkeit, nicht alle haben dieselbe Fähigkeit, den Einfluß, der sie erregt, augenblicklich zu beantworten.

Bei gewissen Tiergattungen bemerkt man einen sehr langen Zwischenraum zwischen der elektrischen Reizung des Muskels und seiner Kontraktion. Dies sind gerade diejenigen Arten, die bekannt sind durch die Langsamkeit ihrer willkürlichen Bewegungen. Es ist merkwürdig zu sehen, daß der Muskel einer Schildkröte z. B. erst $^{2}/_{100}$ Sekunde nach seiner Reizung sich zusammenzieht, während beim Vogel die Kontraktion schon in $^{7}/_{1000}$ Sekunde nach dem Reiz eintritt. Noch auffälliger ist der Unterschied bei der Schnecke, deren Muskel erst in $^{3}/_{10}$ Sekunde nach Empfang eines elektrischen Schlages sich zusammenzieht.

Wenn man öfters Turnhallen besucht und viele Menschen bei ihren Übungen beobachtet hat, ist man erstaunt über die Unterschiede der Muskelregsamkeit bei den verschiedenen Subjekten. Gewissen Subjekten ist die Schnelligkeit der Bewegungen sozusagen natürlich, und die Geschwindigkeitsübungen machen ihnen keine großen Anstrengungen; ihre Muskelfaser ist sehr reizbar. Bei anderen dagegen gehorcht der Muskel, obwohl energisch, dem Willensbefehl nur mit einer gewissen Langsamkeit. Um eine plötzliche Bewegung auszuführen, müssen sie einen starken Nerveneinfluß ausgeben. Diese Unterschiede liegen oft in der Rasse und verraten sich auf den ersten Blick durch das Äußere. Die lebhaften Allüren der Südländer kontrastieren mit der ruhigen Haltung der Nordländer. Die ersteren haben reizbarere Bewegungsfasern als die letzteren. Es ist merkwürdig, diese Unterschiede bei den körperlichen Übungen hervortreten zu sehen und den Unterschied der Tauglichkeit, die daraus für diese oder jene Arbeitsform entspringt, festzustellen. Niemals haben die Engländer oder die Deutschen im Fechten es mit den

Franzosen und Italienern aufnehmen können. Das englische Boxen fordert vor allem brutale Kraft und Ausdauer; das französische Boxen dagegen Beweglichkeit und schnelle Sicherheit im Schlagen, d. h. überraschende Plötzlichkeit der Attacke und geschwinde Gegenwehr.

Eine nautische Sportzeitschrift berichtete kürzlich über die verschiedenen Rudermethoden in verschiedenen Gegenden. Wir waren erstaunt zu sehen, daß bei einer Regatta die Franzosen ungefähr 40 Ruderzüge in der Minute machten, die Holländer bloß 25.

Die Schnelligkeit ist also eine Eigenschaft der Arbeit, die von zwei Elementen abhängt: von der Reizbarkeit des Muskels und der Kraft des auf ihn ausgeübten Reizes.

Die Ingenieure, die von der rechnerischen Mechanik zur angewandten übergehen, lernen sämtlich den großen Abstand zwischen Theorie und Praxis kennen. Man muß z. B. bei einer Konstruktion mit den Elastizitätsunterschieden der verschiedenen gebrauchten Stoffe, mit ihrer größeren oder geringeren hyprometrischen oder thermometrischen Aufnahmefähigkeit rechnen. Mit einem Worte, abgesehen von seiner Masse besitzt jeder Körper seine besondere physische Individualität, welche die Bedingungen modifiziert, unter denen er den Einfluß der Kräfte aufnimmt.

Ebenso hat man bei lebendigen Körpern die Unterschiede der muskulären Reizbarkeit in Rechnung zu stellen, wenn man die bei einer Bewegung verausgabte Kraft genau abschätzen will. Je weniger reizbar der Muskel ist, um so größer muß die Ausgabe an Nervenkraft sein, die seine Tätigkeit beschleunigen soll. Diese Kraftausgabe läßt sich durch keinen Dynamometer messen, sie ist nach einem anderen Maßstabe zu berechnen, nämlich nach der Zeit, die erforderlich ist, um die Zusammenziehung der Muskelfasern ins Spiel zu setzen. Diese Kraftausgabe wird in Wirklichkeit nicht vom Muskel bestritten, sondern vielmehr von demjenigen Agens, das ihn erregt, einem noch sehr wenig bekannten Agens, das wir lediglich in Ermangelung eines genaueren Wortes als „Nerveneinfluß“ bezeichnen wollen.

Aus der sehr aktiven Rolle des Nervensystems bei den Ge-

schwindigkeitsübungen ergeben sich gewisse hygienische Folgesätze von großer Bedeutung.

Die infolge einer Übung, welche die häufige Wiederholung bestimmter Bewegungen fordert, empfundene Müdigkeit ist unangenehmer als diejenige, die einer intensiveren, aber mit Hülfe langsamer Bewegungen ausgeführten Arbeit nachfolgt. Die einer Geschwindigkeitsübung nachfolgende Ermüdung gleicht keineswegs derjenigen, die man nach einer Kraftübung empfindet. Die Glieder sind matt, aber zugleich erhitzt; das Blut strömt zu und schwellt sie an. Dies kommt daher, daß die Muskelfaser das wesentliche Agens und fast der einzige Faktor der Arbeit gewesen ist. Nach Bewegungen, die nur eine geringe Kraftausgabe darstellen, die aber mit großer Schnelligkeit ausgeführt worden sind, empfindet man eine Ermattung, die an die Empfindung einer nervösen Erschütterung seelischen Ursprungs erinnert. An Stelle einer Erschlaffung, die angenehm zur Ruhe einlädt und die nach einer ruhig ausgeführten starken Arbeitsleistung geradezu wohltuend erscheint, empfindet man nach der Geschwindigkeitsübung eine Art von Erschöpfung, die mit nervöser Reizbarkeit verbunden ist: man hat den Eindruck der Nervenerschöpfung, der sich entweder durch Mattigkeitsgefühl oder umgekehrt durch Überreiztheit, durch allzugroße Empfindlichkeit kennzeichnet.

Der Ausdruck: „nervöse Übermüdung" gibt eine richtige Vorstellung von der Art des Mißbehagens, deren sich diejenigen leicht erinnern werden, die gelegentlich eine Geschwindigkeitsübung im Übermaß betrieben haben. Man kann allgemein behaupten, daß die Ermüdung, welche Geschwindigkeitsübungen hinterlassen, nicht *wiederherstellend* ist. Sie ist weniger einschläfernd und reizt weniger den Appetit, als diejenige, die aus einer langsamen Kraftausgabe resultiert.

Der große Aufwand an Nerveneinfluß, den die Geschwindigkeitsübung verlangt, ist sicherlich die Ursache, welche die Wiederherstellung des Organismus infolge dieser Übungen schwieriger macht. Man kennt in der Tat die wichtige Rolle, die das Nervensystem bei der Ernährung und bei der einreißenden Atrophie spielt, der die Körpergegenden unterliegen, in denen die

Verteilung des Nerveneinflusses vonstatten geht, und zwar kennt man diese Rolle teils auf Grund einer Sektion der Nerven, teils durch Beobachtung von Lähmungen zentralen Ursprungs.

Ohne Zweifel hat man die Abmagerung, die nach Schnelligkeitsübungen vielfach eintritt, dem beträchtlichen Aufwand an Nerveneinfluß und der unvermeidlichen Erschöpfung zuzuschreiben, welche ihnen nachfolgt. Man beobachtet diese Tendenz zur Unterernährung in allen Umständen der physischen oder geistigen Anstrengung, die einen großen Aufwand von Nerveneinfluß verlangen. Man wird unter dem Einfluß einer bestimmten Gemütsaufregung oder einer anhaltenden geistigen Arbeit mager.

Wenn hiernach die Geschwindigkeitsarbeit die Eigentümlichkeit hat, zur Abmagerung des Subjekts zu führen, so geschieht dies weniger durch Übermaß von Stoffverlusten, als vielmehr durch den Mangel des Wiederersatzes. Aus der übermäßigen Aufwendung von Nervenkräften, die zur Beschleunigung der Muskelkontraktion nötig wird, ergibt sich eine momentane Erschöpfung derjenigen Kräfte, welche die Ernährung bewerkstelligen, und die durch die Arbeit verbrannten Gewebe haben keine Tendenz, sich wiederherzustellen. Während einer Schnelligkeitsübung findet eine nervöse Erschütterung statt, welche an diejenige erinnert, die einer heftigen Aufregung oder einer starken Anspannung des Geistes nachfolgt. Die Ermüdung durch Schnelligkeit raubt oft den Appetit und den Schlaf. Diese Ergebnisse sind besonders bemerkbar bei empfindlichen Subjekten, und gerade bei solchen kann man oft beobachten, wie sehr die Ermüdung durch Geschwindigkeitsübungen der Wiederherstellung des Organismus hinderlich ist. Viele Kinder, die zuviel gelaufen haben, können weder essen noch schlafen. Auch sehr nervöse Pferde nehmen nach einem Tage lebhaft durchgeführten Jagens keinen Hafer an. Diese Verstimmungen des Magens beobachtet man nie bei groben kaltblütigen Pferden, die ganze Tage unter dem Joch gearbeitet haben.

Bei Menschen ist es sehr bemerkenswert, den Unterschied in der Ernährung zu beobachten, den die Geschwindigkeitsübung in Vergleich mit der Kraftübung bedingt. Auflader, Lastträger,

die Herkulesse der Masse, haben gewöhnlich einen massigen Körperbau, der sich mehr und mehr durch die Ausübung ihres Berufs verstärkt. Schnelläufer, Tänzerinnen, Fechtmeister sind durchschnittlich schlank und mager.

Wenn wir mit einigen Worten die Ergebnisse der Schnelligkeitsübungen zusammenfassen wollen, so sehen wir, daß man die Erfolge, die aus der Arbeitsanhäufung entspringen, von denjenigen zu unterscheiden hat, die aus der Wiederholung der Bewegungen erwachsen.

Die Schnelligkeitsübung hat einen gemeinsamen Punkt mit der Kraftübung:

Die schnelle Aufeinanderfolge einer großen Zahl von Anspannungen führt schließlich zu demselben Ergebnis, wie die große Intensität einer kleinen Zahl von weit auseinanderliegenden Anstrengungen. — Man könnte, um ein Bild von der Therapie zu entlehnen, sagen, daß beide Übungsarten das Ergebnis haben, den Organismus „starke Dosen" von Arbeit ertragen zu lassen.

Aber die Geschwindigkeitsübung erzeugt noch ganz besondere Wirkungen, die sich von denen der Kraftübung sehr unterscheiden. Diese Wirkungen entstehen nicht aus der großen Quantität der mechanischen Arbeitsleistung, sondern aus der schnellen Aufeinanderfolge der Bewegungen. Die Schnelligkeit der Bewegungen hat, unabhängig von ihrer größeren oder geringeren Energie, einen besonderen Einfluß auf den Organismus. Dieser Einfluß macht sich bemerkbar im Nervensystem, und die eigentümlichen Wirkungen der Geschwindigkeitsübungen sind in letzter Linie auf einen Zuwachs der Arbeit der Nervenzentren zurückzuführen.

V. DIE DAUERÜBUNGEN

Bedingungen der Dauer einer Übung · Maßhalten in den Anstrengungen; Langsamkeit ihrer Aufeinanderfolge · Einteilung der Arbeit · Subjektive Bedingungen. Menschen und Tiere, welche „Ausdauer" besitzen · Notwendigkeit eines vollkommenen Gleichgewichts zwischen der Intensität der Arbeit und der Widerstandskraft des Organismus · Wichtigkeit der Atmung als Regulators der Dauerübung.

Die Dauerübung steigert die Funktionen, ohne die Organe zu ermüden · Verknüpfung der großen Funktionen mit mäßiger und verlängerter Muskelarbeit; verstärkte Atmung ohne Atemnot, Beschleunigung des Blutumlaufs ohne Herzklopfen · Indikationen und Gegenindikationen der Dauerübung. Vergleich mit den Geschwindigkeitsübungen · Warum Kinder eine Dauerübung nicht gut ertragen · Gediente Soldaten und Rekruten

Dauerübungen nennen wir diejenigen, bei denen die Arbeit lange Zeit fortgesetzt wird.

Bei Dauerübungen wird die Kraftausgabe weniger durch die Intensität und rasche Aufeinanderfolge der Anstrengungen bestimmt, als vielmehr durch ihre Dauer. Bei diesen Übungen darf die Muskelanstrengung nicht zu beträchtlich und dürfen die Bewegungen nicht zu rasch sein, damit die Ermüdung in ihren verschiedenen Formen sie nicht zu früh unterbricht. Auch ist die Dauerübung, wenn sie nicht lange dauert, nur eine mäßige Übung, während sie eine Parforceübung werden kann, wenn sie übermäßig ausgedehnt wird.

Bei diesen Übungen kann die nach Ablauf einer längeren Zeit, z. B. am Ende eines Tages, vollbrachte Arbeitsleistung sehr erheblich sein, aber die Kraftausgabe vollzieht sich in Bruchteilen, die zu schwach sind, um den Muskeln eine peinliche Anstrengung zu machen oder das Spiel der organischen Funktionen in bemerkbarer Weise zu stören. Auch kann man mit Hülfe von Dauerübungen einem Subjekt sehr starke Dosen von Arbeit in fast unbemerkbarer Weise abgewinnen.

Die menschliche Maschine ist so konstruiert, daß sie Bewe-

gungen von bestimmter Intensität und Geschwindigkeit ohne Ermüdung vollziehen kann. Solange man dieses Maß nicht überschreitet, entsteht im Organismus keine erhebliche Erschütterung und die Arbeit vollzieht sich unter fast vollkommener Ruhe der Lebensfunktionen; dank dem vollkommenen Gleichgewicht, das zwischen der Muskelanstrengung und der Widerstandskraft des Subjekts besteht, kann die Arbeit bei Dauerübungen lange ausgehalten werden und ihre Nutzeffekte unmerklich häufen, ohne die verschiedenen mit ihrer Ausführung betrauten Räder zu erschüttern.

Man erkennt auf den ersten Blick die Bedeutung und den Nutzen der Dauerübung, wenn es sich um einen schwachen Organismus handelt, um ein wenig widerstandsfähiges Subjekt, dem man die Wohltaten der Muskelarbeit verschaffen will unter Vermeidung der Gefahren der Ermüdung.

Man gelangt so dahin, in gewissen Fällen einem Kranken ein energisch wirksames Heilmittel zu verschaffen, das man ihm in „kleinverteilten Dosen" beibringt. Einteilung der Arbeit in genügend schwache Quantitäten, deren jede der Organismus ertragen kann, ohne merklich in seinen normalen Funktionen gestört zu werden, — dies ist die wesentlichste Bedingung der Dauerübung. Eine weitere Bedingung ist folgende: die einzelnen Muskelanspannungen müssen zeitlich weit genug voneinander abstehen, um die Wirkung der vorhergehenden nicht durch diejenige der nachfolgenden zu steigern. Zwischen den beiden aufeinanderfolgenden Arbeitsaufwendungen muß eine ausreichende Ruhezeit liegen.

Es gibt Organe im Menschenkörper, welche eine beträchtliche Arbeit verrichten, die während der ganzen Lebenszeit anhält. Man sieht z. B. mit Staunen den Hohlmuskel des Herzens von der Geburt bis zum Tode sich zusammenziehen, ohne daß er jemals seine Arbeit einstellt oder auch nur ermäßigt.

Der Herzmuskel verrichtet somit eine Dauerarbeit. Die Kraftausgabe jedes Herzschlages steht in genauem Gleichgewicht mit seiner Widerstandskraft, und der zeitliche Zwischenraum, der zwei Herzschläge voneinander trennt, entspricht genau der Zeit, die nötig ist, damit die Faser sich ausruht. Wenn aber irgendein

Umstand die Arbeit des Organs vermehrt, wie man dies beim Engerwerden der Öffnungen bemerkt, oder wenn die Herzschläge übermäßig schnell aufeinander folgen, wie dies beim Herzklopfen vorkommt, so sind die Bedingungen der Arbeit verändert worden. Das Herz wird jetzt an Stelle der einfachen Dauerarbeit genötigt, eine Geschwindigkeitsarbeit oder eine mit längerer Dauer unvereinbare Kraftarbeit zu verrichten; schließlich macht sich die Ermüdung des Muskels geltend; seine Fasern verlieren ihre Spannkraft und ihre Energie; es tritt eine Erschlaffung des Herzens ein und man sieht die Zufälle der Asystolie eintreten, deren unvermeidliche Lösung der Tod ist.

So sehen wir auch bei den Muskeln der Lebenstätigkeit, wie die Steigerung der Energie und die schnellere Häufung der Bewegungen dahin strebt, eine Dauerübung in die Kategorie der Geschwindigkeits- oder Kraftübungen übertreten zu lassen.

Bei der Kraftübung handelt es sich um eine Häufung der Arbeit, da jede Muskelanspannung sehr stark ist. Bei der Schnelligkeitsübung handelt es sich um eine Multiplikation der Arbeit; denn die Bewegungen sind wenig energisch, aber die rasche Aufeinanderfolge wenig energischer Anspannungen führt schließlich doch zu einer Anhäufung der Arbeit. Bei der Dauerübung dagegen, bei welcher die Anstrengungen hinreichend auseinander gehalten werden, handelt es sich um eine Verteilung der Arbeit, weil die vom Organismus genommene Dosis in keinem Augenblick das Maß seiner Leistungsfähigkeit überschreiten darf.

Welches sind nun unter den gewöhnlichen Übungen diejenigen, die man als Dauerübungen bezeichnen darf? Diese Frage ist von vornherein nicht leicht zu beantworten. Denn eine und dieselbe Übung kann je nach den Bedingungen, unter denen sie verrichtet wird, von Fall zu Fall sich als Geschwindigkeitsübung, als Kraftübung oder als Dauerübung darstellen.

Das Rudern z. B. fordert eine Schnelligkeitsarbeit im Falle einer Regatta und eine Dauerarbeit, wenn es sich um einen langen Ausflug handelt. Der Marsch, der den Typus der Dauerübungen bildet, kann alle Kennzeichen der Kraftübung an sich haben, wenn es sich darum handelt, ihn im Ersteigen eines sehr

schroffen Abhangs auszuführen. So stellt bei manchen Bergbesteigungen, wo man schroffe Abhänge zu nehmen hat, jeder Schritt einen gewaltigen Aufwand von Muskelkraft dar, und der Tourist wird genötigt, seine Arbeit so oft zu unterbrechen, als wenn er in der Ebene mit einer schweren Last auf den Schultern zu marschieren hätte.

Die Bedingungen, unter denen das Subjekt sich befindet, das eine Übung ausführt, haben nicht geringere Bedeutung, als die Übung selbst, um die Dauerleistung zu kennzeichnen.

Das Hauptkennzeichen der Dauerleistung ist die Notwendigkeit eines vollkommenen Gleichgewichts zwischen der Intensität der Muskelanstrengung und der Leistungsfähigkeit des Organismus. Nun ist nichts verschiedener als die individuelle Leistungsfähigkeit jedes einzelnen Subjekts. Was für den einen zur Kraftübung oder zur Schnelligkeitsübung wird, ist für einen anderen, der stärker oder besser vorbereitet ist, eine einfache Dauerübung. Der kurze Galopp ist eine Schnelligkeitsübung für das Deichselpferd, das gewohnt ist, seinen Wagen im Schritt zu ziehen; er ist eine Dauerübung für den Araber, der diese Gangart stundenlang ohne Unterbrechung aushalten kann. Für den, der zum ersten Male rudern lernt, erscheint die Handhabung des Ruders als Kraftübung; nach Ablauf einer Viertelstunde hält er erschöpft an. Für einen Bootsmann von Profession ist es eine Übung, die er einen ganzen Tag lang durchführen kann, ohne Ermüdung zu spüren.

Zwei Bedingungen sind also erforderlich, um eine Dauerübung zu ermöglichen: 1. eine gewisse Mäßigung der Anstrengung bei der Übung, und 2. eine gewisse Leistungsfähigkeit von seiten des Organismus, der sie übernimmt.

Daher das Wort „*exercice de fond*“ (Ausdauerübung), welches den Gedanken der Dauer einschließt und ebensogut auf die Eigenschaften des Menschen oder des Tieres, wie auf die Natur der Arbeit bezogen werden kann, welche sie verrichten. Die Dauerarbeit ist eine solche, deren Ausführungsart voraussetzt, daß man sie lange aushalten kann; und der Mensch oder das Tier, die Ausdauer besitzen, sind solche, die fähig sind, die Arbeit lange auszuhalten.

Gewisse Subjekte können die mäßigste Übung nicht lange aushalten, ohne schon nach sehr kurzer Zeit Zeichen äußerster Ermüdung von sich zu geben. Andere wieder können die schwierigsten Übungen mit überraschendster Ausdauer ausführen, und für solche werden Kraft- und Schnelligkeitsarbeiten zu Dauerübungen.

Diese Unterschiede der Leistungsfähigkeit und der Ausdauer beruhen zum großen Teil auf der Ungleichheit, welche die Subjekte in der Mächtigkeit ihres Atmens an den Tag legen.

Man kann behaupten, daß die Atmungsfähigkeit eines Subjekts der eigentliche Regulator der Dauerübung ist.

Damit eine Übung lange fortgesetzt werden könne, ist die erste Bedingung, daß sie keine Atembeschwerden herbeiführe. Man kann aller Müdigkeit der Beine und allen Schmerzen in den Füßen zum Trotz einen Marsch fortsetzen; man kann aber nicht weiter laufen, sobald man außer Atem gekommen ist. Wir haben in dem Kapitel über die Atembeschwerden gesehen, daß die Form der Ermüdung durch eine Vergiftung des Bluts infolge von übermäßiger Kohlensäure entsteht. Um dieser Vergiftung, welche die Fortsetzung der Arbeit unmöglich macht, vorzubeugen, muß das Subjekt jeden Überschuß an Kohlensäure in dem Maße, wie er sich bildet, ausscheiden und, da die Bildung von Kohlensäure im Verhältnis zur in einer gegebenen Zeit geleisteten Arbeit steht, so muß die Muskelarbeit derjenigen untergeordnet werden, welche die Lunge zu verrichten vermag. So vermehren alle Bedingungen, welche die Atmungsfähigkeit des Subjekts erhöhen, auch seine Fähigkeit, eine intensive Arbeit lange Zeit auszuhalten, und ein Subjekt hat Ausdauer, wenn es einen guten Atem hat.

II

Die Erfolge der Dauerübung lassen sich genau aus den Bedingungen herleiten, unter denen die Übungen ausgeführt werden. Man darf annehmen, daß eine Übung, die mit Atembeschwerden nicht verknüpft ist, auch keinen der mit Atemnot verbundenen Unfälle herbeiführt.

Im Verlauf dieser Übungen wird man keine Sehnendehnungen,

keine Zerreißungen der Muskelfasern oder Verrenkungen zu besorgen haben, da die Bewegungen niemals einen Grad von Gewaltsamkeit erreichen, der die Widerstandsfähigkeit der Organe überbietet. Andererseits, da Dauerübungen das Spiel der Organe nicht merklich aufregen, wird man mit ihnen auch keine sehr energische Verknüpfung der großen organischen Funktionen mit der Muskelarbeit erzielen. Beispielsweise wird sich beim Fußgänger nicht die Erhöhung der Temperatur, die reichliche Transpiration, die übermäßige Beschleunigung des Pulsschlags, die heftige Einatmung ergeben, wie beim Läufer.

Übrigens darf man nicht glauben, daß auch die gemäßigten Übungen, wenn sie sehr lange fortgesetzt werden, mit einem Fortbestande der Funktionen in ihrem völlig ruhigen und normalen Zustande vereinbar seien. Auch eine mäßige und lokalisierte Muskelanspannung führt schließlich, wenn man sie in die Länge zieht, dazu, die großen Funktionen der Lebenstätigkeit mit der Arbeit zu verknüpfen. Wir haben bereits des merkwürdigen Versuchs von Chauvier gedacht, der beweist, daß sogar die Kautätigkeit, eine doch höchst maßvolle und räumlich begrenzte Arbeit einen Einfluß auf den allgemeinen Blutumlauf ausübt. Bei einem Pferde, daß seine Kinnladen bewegt, um Hafer zu kauen, läßt sich eine merkbare Beschleunigung des Blutstroms in den Kaumuskeln beobachten. Dies bedeutet einen energischeren Anspruch der arbeitenden Faser an die ernährende Flüssigkeit. Während einer bestimmten Minutenzahl beschränkt sich die Beschleunigung auf diejenigen Gefäße, die das Blut durch die arbeitenden Muskeln führen; die intensive Bewegung verbreitet sich aber mehr und mehr und erreicht schließlich das Herz selbst, die Anzahl der Pulsationen nimmt in der ganzen Ausdehnung des verzweigten Baumes des Blutkreislaufs zu.

Dies ist der Einfluß der Dauer eines Muskelakts. Eine schwache und langsame lokale Arbeit macht schließlich, wenn sie eine bestimmte Zeitlang fortgesetzt wird, ihre Wirkungen auf den Gesamtzustand geltend, indem sie die wichtigste der großen Lebensfunktionen, den Blutumlauf, modifiziert.

Aber der Blutumlauf kann nicht beschleunigt werden, ohne

daß nicht auch die anderen Funktionen an dem Zuwachs der Tätigkeit beteiligt werden. Das Blut erlangt schon durch die einfache Tatsache seiner rascheren Bewegung eine Erhöhung seiner Temperatur zufolge seiner stärkeren Reibung auf den Gefäßwänden des Kreislaufs. Die Nervenzentren erhalten reichlicheres und wärmeres Blut und können sich eines gewissen Grades von Erregung nicht erwehren, und die Lunge ihrerseits unterliegt einem doppelten Anreiz, ihr Spiel zu erhöhen: einerseits ist das Blut, das ihre Kapillargefäße durchströmt, reichlicher und benötigt, um hämatosiert zu werden, einer größeren Sauerstoffzufuhr, — daher eine Steigerung des Atembedürfnisses und Beschleunigung der Atemzüge, — andererseits trägt auch die Erhitzung des Blutes dazu bei, die Respiration zu steigern; denn die Wärme ist ein Erreger der Respirationsbewegungen.

Somit ergibt sich, daß die Dauer der Arbeit, ein wesentliches Kennzeichen der Ausdauerübung, den Organismus infolge größerer Aktivierung seiner sämtlichen Funktionen auch bei Muskelakten in Mitleidenschaft zieht, die ihre Wirkungen auf einen ganz begrenzten Teil des Körpers einzuschränken schienen.

Diese Verbindung der großen Funktionen mit der Arbeit oder mit anderen Worten diese allgemeinen Wirkungen der Übung sind bei Dauerübungen niemals so gewaltsam, wie bei Schnelligkeits- oder Kraftübungen. Man beobachtet z. B. beim Infanteristen, der einen langen Marsch zurücklegt, niemals jene Atemstörungen und jenes Herzklopfen, das bei einem Schnelläufer unabwendbar ist. Ebensowenig hat infolge der Mäßigung der Arbeit das Subjekt in einem Momente der Übung es nötig, in einer Bewegung alle Kraft einzusetzen und sich „anzustrengen". Der Fortfall jeglicher Anstrengung wahrt denjenigen, der sich ihr widmet, vor jenen gewaltsamen Pressungen der großen Gefäße und des Herzens, die das Spiel dieser Organe erschüttern und anhaltendes Funktionieren unmöglich machen.

Der physiologische Vorzug der Dauerübung liegt darin, daß sie die Organe schont und gleichwohl das Spiel der Funktionen in heilsamer Weise anregt. Ihr wesentlichstes Kennzeichen ist dies, daß sie es dem Organismus ermöglichen, während der Arbeit selbst die meisten Störungen, welche diese in der Maschine

verursacht, wieder auszugleichen. So z. B. stellt sich während der Dauerübung kein Schweratmen ein; die von den Muskeln erzeugte Kohlensäure erreicht niemals eine stärkere Dosis, als die Lungen auszuscheiden vermögen; sie wird in dem Maße, in dem sie sich bildet, aus dem Blute entfernt und verläßt den Organismus, ohne bemerkt zu werden.

Mit dieser Unabhängigkeit von Atemnot verknüpft die Dauerübung die Woltat einer beträchtlichen Sauerstoffzufuhr in den Lebenshaushalt. Nach der Aufstellung des englischen Physiologen Edw. Smith ergeben sich folgende Vergleichungsziffern für die der Lunge zugeführte Luftmenge bei den verschiedenen Körperhaltungen bzw. Bewegungen des Menschen:

Für die Zeiteinheit beträgt die eingeatmete Luft

1,18 bei einem Menschen in sitzender Haltung;

1,33 beim aufrecht stehenden Menschen;

2,43 bei einem Menschen, der geht und dabei 4 Kilometer in der Stunde macht;

7,02 bei einem Menschen, der läuft und 12 Kilometer in der Stunde zurücklegt.

Nach dieser Aufstellung beträgt der Luftverbrauch eines ruhenden Menschen 1,15, derjenige eines gehenden mehr als 1,58, derjenige eines laufenden mehr als 5,91.

Demnach verbraucht ein Mensch beim Gehen in jeder Minute ein Mehr an Sauerstoff, das durch die Zahl 1,58, und ein Mensch, der läuft, ein Mehr, das durch die Zahl 5,91 dargestellt wird. Vergleicht man diese Zahlen, so sieht man, daß sie sich nahezu wie 4 : 1 verhalten. Aus diesem Rechenexempel ergibt sich das ein wenig überraschende Resultat, daß der Mensch während eines vierstündigen Marsches ebensoviel Sauerstoff durch seine Lungen strömen läßt, wie einer, der eine ganze Stunde lang läuft.

Mit anderen Worten — angenommen, was sehr streitig ist, — die den Lungen zugeführte Luft werde während des Laufens ebensogut assimiliert, wie während des Marsches, so würde ein Spaziergang von einer Stunde nur dieselbe Erwerbung von Sauerstoff verbürgen, wie ein Lauf von einer Viertelstunde. Es

ist aber leichter, eine Stunde lang zu gehen, als eine Viertelstunde lang zu laufen, und da der Erfolg in Ansehung des Sauerstofferwerbs derselbe ist, so erhellt, daß der Marsch dem Lauf vorzuziehen ist und daß im allgemeinen die Dauerübungen wertvoller sind, als die Schnelligkeitsübungen. Sie sind in der Tat vorzuziehen, wenigstens in allen Fällen, in denen es sich um Patienten handelt, deren Lungen oder deren Herz eine ärztliche Behandlung fordern und deren Blut mit Sauerstoff bereichert werden muß. Man wird ihnen diesen ohne Gefahr durch die Dauerübung verschaffen können.

Andererseits lassen die Dauerübungen das Spiel der Lunge immer in einer gewissen Ruhe, sie fordern nicht jene großen Anstrengungen der Einatmung, welche alle Zellen zwingen, sich zu entfalten. Im Zustande der Ruhe gibt es immer eine große Zahl von Lungenbläschen, die untätig bleiben; ihre Wände bleiben schlaff und glatt, es gibt ganze Gebiete der Lunge, die an der Atmungstätigkeit nicht teilnehmen. Wenn der Organismus alle seine Atmungskräfte in Anspruch nimmt, so bleibt keine Region untätig und die entlegensten Bronchiensäcke öffnen ihre Falten für die Luft, die sich hereindrängt. Die Lunge erreicht ihre größtmögliche Ausdehnung, dank der energischen Erweiterung des Brustkastens. Dies ist der wertvollste Erfolg der gangen Übungen, die „außer Atem“ bringen; sie besitzen die Tendenz, die Brustweite zu vergrößern. Die Dauerübungen führen aber nicht zur Atmungsbeschwerde. Die Dauerübungen beschleunigen den Gasaustausch und bereichern das Blut mit einer größeren Sauerstoffmenge, aber damit ist ihre Rolle auch abgegrenzt; sie regen die Atmungstätigkeit nicht genügend an, um die Bildung der Brust zu modifizieren. Sie haben also ihre besonderen Vorteile und ihre Indikation, sie haben auch ihre Mängel. Es ist Sache des Arztes, die einen gegen die anderen abzuwägen und je nach der Beschaffenheit des Patienten sich dafür zu entscheiden oder nicht.

Subjekte mit verdächtigen Lungen, für welche heftige Atmungsbewegungen gefährlich werden können, auch solche, deren Herz nicht vollkommen intakt ist, oder solche, bei denen man arterielle Entartungen argwöhnt, welche die Gefäße weni-

ger widerstandsfähig machen, alle schließlich, mit einem Worte, deren Respirations- und Zirkulationsorgane eine gewisse Schwäche aufweisen, werden die Dauerübungen den Schnelligkeits- und Kraftübungen vorziehen müssen.

III

Dauerübungen eignen sich vor allem für bejahrte Leute, für Patienten, die an gichtischer oder alkoholischer Entartung der Blutgefäße leiden, ferner für beleibte Personen, sofern sie an fettiger Infiltration des Herzens leiden. Kranke, denen der Atem sehr leicht ausgeht, Emphysematiker z. B., sollten sich nicht auf eine Schnelligkeits- oder Kraftübung einlassen; ebensowenig Schwindsüchtige. Und doch haben gerade diese beiden Kategorien von Kranken es sehr nötig, durch häufige Respirationsübungen die Unzulänglichkeit ihres Lungenfeldes auszugleichen, dessen Ausdehnung durch die Krankheit oft auf die Hälfte reduziert ist. In diesem Falle bilden die Dauerübungen ein wertvolles Mittel der Behandlung. Sie ermöglichen, indem sie die durch Arbeit gebildete Kohlensäure jeweilig um eine sehr kleine Quantität vermehren, deren vollständige Ausscheidung bei jedem Atemzuge und dafür die Einfuhr eines kleinen Zuschusses von Sauerstoff. Wird nun die Übung gut reguliert, so kann man sie stundenlang fortsetzen, und der Kranke wird alsdann, ohne die Gefahren der Atemnot zu riskieren, nach und nach in kleineren Quantitäten ebensoviel Sauerstoff gewinnen können, wie ein gesunder Mensch durch eine Schnelligkeits- oder Kraftübung. Wir verweisen auf die oben mitgeteilte Berechnung, die beweist, daß eine mäßige Übung, wie z. B. ein Marsch, wenn er vier Stunden lang fortgesetzt wird, einem Menschen dieselbe Sauerstoffaufnahme ermöglicht, welche die anstrengendste Übung, z. B. der Lauf, binnen einer Stunde bewerkstelligt.

Die Atmung ist die wichtigste unter allen Funktionen, welche eine Übung ins Spiel bringt, sie ist aber nicht die einzige, um die es sich bei Dauerübungen handelt. Diese Funktion hat den Zweck, gleichzeitig mit der Aufnahme von Sauerstoff die Ausscheidung der Kohlensäure und vieler anderer aus den Verbrennungsprozessen der Arbeit sich ergebenden Stoffwechselpro-

dukte zu besorgen; aber alle Verbrennungsprodukte werden nicht durch die Lunge ausgeschieden.

Die Verteilung der Arbeit, die für die regelmäßige Beseitigung der Kohlensäure sehr zweckmäßig ist, hat für die Elimination anderer Stoffwechselprodukte, z. B. für diejenigen Stoffe, die im Urin ausgeschieden werden, nicht dieselbe Bedeutung. Wenn man auf das Kapitel, welches von den aus der Muskelarbeit entstehenden Harnniederschlägen handelt, zurückgreift, wird man leicht erkennen, daß die Verteilung der Arbeit die Anhäufung derjenigen Verbrennungsprodukte, die der Urin ausscheidet, nicht verhüten kann, weil die Ausscheidung derselben zu langsam vonstatten geht. Die durch Arbeit erzeugte Kohlensäure entweicht augenblicklich durch die Lunge; die unlöslichen Zusammensetzungen, die der Muskelverbrauch hinterläßt, finden sich gewöhnlich erst drei Stunden nach der Muskelanstrengung, die sie erzeugt, im Urin vor.

Wenn die Langsamkeit der Arbeit den Augenblick verzögert, in dem diese Stoffe sich ansammeln, so ist darum doch ihre Ansammlung nicht weniger unvermeidlich, da, bei einer Übung, die drei Stunden dauert, die Arbeit beendet wird, bevor auch nur ein Teilchen dieser Abgänge nach außen abgeführt worden ist.

Dies ist der Grund, weshalb die Dauerübung, wenn sie auch den Eintritt der Ermüdung aufschiebt, den Organismus doch keinesfalls vor deren Folgen sicher stellt.

Übrigens liefert dies eine bemerkenswerte Bestätigung unserer Theorie vom Muskelfieber. Wenn letzteres unserer Ansicht nach aus einer Übersättigung des Bluts mit den harnsauren Salzen, also einer Art vorübergehender Uricämie entspringt, so ist sie, wie die Atemnot, eine andere Form der Ermüdung, eine Folge von übermäßiger Verkohlung der Blutflüssigkeit. Ein Mensch, der einen Tag lang, ohne trainiert zu sein, zu Fuß der Jagd nachgegangen ist, wird am folgenden Tage mehr oder weniger starke Anwandlungen von Muskelfieber bekommen, obwohl seine Gangart bei der Jagd, einem Musterfall der Dauerübung, ihn zu keiner Zeit im Verlauf des Tages atemlos gemacht hat.

Diese Beobachtungen geben uns den Schlüssel zum Verständ-

nis einer auf den ersten Blick sehr überraschenden Tatsache, die sogar, wenn man unsere Theorie nicht annimmt, unerklärlich bleiben muß, nämlich des Umstandes, daß junge Leute die Schnelligkeitsübungen besser ertragen, als die Dauerübungen.

Ein Kind von sieben Jahren verträgt sehr gut alle Spiele, die von ihm ein schnelles und anhaltendes Laufen fordern. Dies liegt an der wunderbaren Leichtigkeit, mit der seine Lungen sich den Anforderungen der gesteigerten Atmung anpassen. Die durch die Arbeit entstandene Kohlensäure wird mit größter Promptheit ausgeschieden, und der Organismus fühlt sich dadurch nicht belästigt.

Aber die Kohlensäure ist nicht das einzige Stoffwechselprodukt, das der Organismus durch die Arbeit auszuscheiden hat; es gibt andere, deren Abgang langsamer ist, insbesondere diejenigen, die aus der Zersetzung der stickstoffhaltigen Gewebe entspringen. Nun ist aber der Stoffwechsel beim Kinde viel rascher als beim ausgewachsenen Menschen; denn die jungen Gewebe besitzen weniger Festigkeit als die ausgewachsenen. Daher eine reichlichere Produktion von stickstoffhaltigen Abgängen, deren Basis die Harnsäure und harnsauren Salze bilden. Die Dauerübungen, welche es gestatten, die Kohlensäure mit jedem Atemzuge auszuscheiden, erzeugen keine Anhäufung dieses Gases, aber sie können eine Ansammlung von harnsauren Stoffen verursachen; denn, wie wir bewiesen haben, diese werden drei bis vier Stunden nach der Muskelanstrengung, aus der sie hervorgegangen sind, ausgeschieden[1]. Eine Übung kann also vier Stunden lang fortgesetzt werden und während dieses Zeitraums Anlaß zur Bildung von harnsauren Abfällen geben, ohne daß davon ein Partikelchen ausgeschieden wird. Alle diese Abfälle werden also im Augenblick, wo die Übung aufhört, noch im Blute vorhanden sein; der Organismus, der den Nachteilen der Kohlensäure, eines Gases, das sich im Verhältnis seiner Bildung ausscheidet, entgangen ist, wird nicht denjenigen der in hoher Dosis im Blute angesammelten stickstoffhaltigen Stoffwechselabfälle entgehen können. Nach Einstellung der Dauerübung wird

[1] Siehe S. 124ff., die Steifigkeit.

man eine wirkliche Uricämie, eine Überladung des Bluts mit Harnprodukten haben.

Dieses Ergebnis erklärt uns, warum junge Leute, die dank der Anpassungsfähigkeit ihrer Respirationsorgane ungestraft eine Schnelligkeitsübung ohne Atembeschwerden leisten, leicht infolge eines langen Marsches der Steifigkeit und den Erscheinungen des Muskelfiebers anheimfallen.

Die Gichtkranken sind, wie die Kinder, nach Dauerübungen den Zufällen der Übermüdung ausgesetzt. Denn sie haben schon zufolge ihrer Blutmischung eine besondere Anlage für die Ansammlung von Harnsäure im Blut, und, da die Muskelübung Harnstoffe erzeugt, die sich nicht unmittelbar nach Maßgabe ihres Entstehens ausscheiden können, so findet sich bei ihnen nach Beendigung einer Dauerarbeit das Blut übermäßig mit Harnstoffen belastet. Man weiß, daß jeder Gichtanfall die Folge dieser Sättigung des Bluts mit Harnsäure ist, und so erklären sich die Gichtanfälle, an denen Podagristen am Tage nach der Eröffnung einer langen Tagspartie zu leiden pflegen, wenn sich das Subjekt nicht langsam durch eine Trainierung vorbereitet hat, deren wohltätige Folgen in Hinsicht der Vorbeugung gegen das Entstehen von Harnabfällen wir bereits hervorgehoben haben.

Um alles zusammenzufassen: Die Dauerübungen ermöglichen es, viel Arbeit unter großer Ersparnis von Müdigkeitsgefühlen zu verrichten. Sie gewähren dem Organismus die Wohltat eines Zuschusses an Sauerstoffaufnahme, ohne ihn den Gefahren angestrengter Atmung auszusetzen. Sie beleben den Blutumlauf, ohne das Herz zu ermüden und die Gefäße gewaltsam auszudehnen. Mit einem Worte, sie schonen die ganze Maschine während der Arbeit.

Aber wenn sie auch den Organismus gegen die Anfälle unmittelbarer Ermüdung sichern, so können sie doch die nachfolgende Ermüdung nicht verhüten. Sie können die Atemnot verhüten, sie können aber das Muskelfieber nicht umgehen.

Die mäßige und fortgesetzte Übung, bei der die Totalarbeitssumme beträchtlich ist, aber gut verteilt wird, eignet sich für Subjekte, deren Atem geschont werden muß. Sie darf aber vor

Subjekte, deren Atem geschont werden muß. Sie darf aber ohne vorgängige Trainierung nicht angewandt werden bei Gichtleidenden und niemals bei Kindern.

Die Schnelligkeitsübung ist passend für junge Leute, welche die Kohlensäure leicht ausscheiden. Die Dauerübung eignet sich für Leute von reifem Alter, deren Stickstoffgewebe den Stoffwechselbewegungen besser widerstehen und weniger Harnabgänge bilden. Die Rekruten eignen sich vortrefflich für Schnelligkeitsmanöver, die Landwehr- und Landsturmleute für Dauermärsche.

VI. DER MECHANISMUS DER VERSCHIEDENEN ÜBUNGEN

Die Hauptaktion und die indirekte Aktion bei der Übung · Rolle jedes Körperteils bei den wichtigsten gebräuchlichen Übungen · Rolle der oberen Gliedmaßen · Die Turngeräte; sie lassen hauptsächlich die Arme arbeiten · Das Hangen und Stützen des Körpers · Die Aufzüge und Umschwünge · Der Rudersport; das Fechten; das Stockfechten; englisches Boxen; die Hanteln · Rolle der unteren Gliedmaßen · Der Marsch und der Lauf; französisches Boxen oder Boxen mit Fußtritten · Nutzen der Beinübungen zur Entwickelung der Brust · Rolle des Beckens · Die Schwungbewegungen · Entwickelung der Bauchmuskeln durch letztere · Der beste Gürtel gegen Fettleibigkeit · Rolle der Wirbelsäule bei der Übung · Die Körperhaltung · Der gutsitzende Reiter · Aktive Rolle der Wirbelsäule bei der Übung · Der Rückenschwung · Der Sprung · Passive Rolle der Wirbelsäule bei der Übung · Orthopädische Wirkung des Hanges · Die schwedische Gymnastik.

Um den Mechanismus, mit dessen Hülfe eine geforderte Übung vollzogen wird, genau zu verstehen, muß man untersuchen, welche Muskelgruppen sie in Tätigkeit setzt und welche Knochenhebel sie in Bewegung bringt. Diese Untersuchung ist nicht immer leicht; denn neben der wesentlichen und in die Augen springenden Bewegung fordert jede Übung Hülfsleistungen, welche gewisse Teile des Muskels oder gewisse Körperteile an der Arbeit beteiligen, auf deren Mitwirkung man beim ersten Blick nicht gerechnet hat. Verschiedene Körperteile können bald die Hauptrolle bei einer Übung spielen, bald wieder nur mittelbar bei ihr beteiligt sein; man sieht die Arme, die Beine, den Kopf, den Hals und den Rumpf abwechselnd Hauptführer oder Hülfsfaktoren eines Muskelaktes werden. Aber im allgemeinen ist es selten, daß ein isolierter Körperteil ausschließlich mit der Arbeit betraut wird, und fast immer verbinden sich verschiedene entfernte Muskelgruppen, um mehr oder minder energisch bei der Übung mitzuwirken.

Bei den meisten Übungen sind es die Gliedmaßen, denen die

Hauptrolle zukommt: die Wirbelsäule, das Becken, die Rippen und der Kopf haben meistens nur eine Nebenrolle: wenn man Lasten zu heben oder Gewichte zu handhaben hat, so sind es die Hände, die zugreifen; handelt es sich um einen Ortswechsel des Körpers, so sind es die Beine, denen die direkte Rolle zufällt, durch die Stützpunkte, die sie auf dem Boden suchen, oder die Arme, durch die Gang- oder Stützbewegungen, die sie an verschiedenen Turngeräten ausführen. Aber in allen diesen Fällen sieht man, sofern die Anstrengung energisch sein muß, den Rumpf sich bei den Bewegungen der Gliedmaßen beteiligen. Die Muskeln des Beckens kommen den unteren Gliedmaßen zur Hülfe, und diejenigen der Schultern den oberen. Schließlich treten bei sehr angestrengten Bewegungen der Glieder auch die Muskeln der Wirbelsäule und der Rippen mit ein; denn viele derselben haben ihren Ansatz auf den Schulterblättern, dem Becken und den Hüften.

Oft scheinen sich sämtliche Muskeln des Körpers mit der Arbeit einer Hauptmuskelgruppe zu vereinigen, um den Enderfolg herbeizuführen. Diese Vereinigung ist um so vollständiger, je heftiger die Anstrengung ist; und man kann beobachten, wie die Arbeit, anfangs auf einen begrenzten Teil lokalisiert, in dem Grade, in welchem sie beträchtlicher wird, mehr und mehr entfernte Körperteile heranzieht und sich, sei es von oben nach unten, sei es von unten nach oben, je nach Art der ausgeführten Übung von einer Extremität des Körpers zur anderen fortpflanzt.

Um mit geschlossenen Füßen eine sehr kleine Strecke zu springen, treten nur die unteren Gliedmaßen in Tätigkeit. Soll der Sprung eine größere Weite erhalten, so müssen die Muskeln des Beckens und der Wirbelsäule sich der Bewegung anschließen. Will der Springer sich so weit als möglich fortschnellen, so beteiligen sich auch seine Arme an der Übung, und zwar mit einem lebhaften Schwung nach vorwärts, der den dem Körpergewicht gegebenen Antrieb vergrößert.

Wenn man eine sehr leichte Hantel hebt, so tritt nur der Arm in Tätigkeit. Wenn es eine Hantel von schwerem Gewicht ist, vereinigen sich die Muskeln des Rumpfes mit denen der Arme

und Schultern, um ihn zu heben. Erreicht endlich das Gewicht die Grenze der Kraft des Turners, so sieht man auch die Streckmuskeln der Beine und der Hüften kräftig ins Spiel treten, um einen energischen Stemmschwung von unten nach oben zu ermöglichen.

Aus diesem Tatbestande läßt sich eine wichtige praktische Folgerung ziehen. Wenn man die indirekten Wirkungen einer Muskelbewegung nicht kennt, läuft man Gefahr, den Übenden eine krankhafte Stelle des Körpers, die er schonen muß, anstrengen zu lassen.

Die indirekte Beteiligung einer Körpergegend an der Arbeit hat manchmal nur den Zweck, den tätigen Gliedmaßen einen Stützpunkt zu gewähren. Der indirekte Muskelakt beruht in diesem Falle auf einer Notwendigkeit, welche durch die große Beweglichkeit der Knochenteile des Skeletts gegeben ist. Das eine Ende des Muskels muß immer einen festen Halt haben, damit das andere Ende einen wirksamen Zug auf den Knochen ausüben kann, an dem er befestigt ist. Je erheblicher die aufzuwendende Kraft ist, um so dringlicher wird das Bedürfnis, den arbeitenden Muskeln einen unbeweglichen Stützpunkt zu schaffen, damit sie mit der größtmöglichen Energie sich anspannen können. Fordert die Bewegung einen beträchtlichen Kraftaufwand, so müssen Wirbelsäule und Rumpf, da sie die Mittelpunkte bilden, in denen alle Gliedmaßen zusammentreffen, einen starren Halt gewähren; daher die „Anspannung", die wir im Kapitel über die Bewegungen eingehender erörtert haben. Die Anspannung ist aber wieder Ursache eines momentanen Anhaltens der Atmung und einer Pressung der großen Venen und des Herzens, und so kann sich eine tiefgreifende Störung der großen Funktionen des Lebenshaushalts bei Gelegenheit der Kontraktion einer sehr begrenzten Muskelgruppe ergeben.

Die angeführten Beispiele lassen die Bedeutung der akzessorischen Bewegungen und der indirekten Muskelarbeit bei Leibesübungen erkennen. Je mehr man die Übungen analysiert, um so mehr fällt die Solidarität aller Muskelgruppen und aller Skeletteile auf, um so mehr bemerkt man mit Erstaunen, daß die lokalen Wirkungen einer Übung oft in einer Körpergegend auf-

treten, die von der scheinbar am meisten arbeitenden sehr entfernt ist.

Wir können hier unmöglich alle bekannten Übungen daraufhin untersuchen, welchen Anteil bei ihnen diese oder jene Körpergegend hat. Übrigens liegt es auch nicht im Rahmen unserer Aufgabe, ein vollständiges Verzeichnis aller Übungen zu liefern, mit denen die Erfindungsgabe der Turnlehrer ihr Programm bereichert hat, wir müssen uns begnügen, einige Hauptgrundsätze aufzuweisen, mit deren Hülfe man den gesundheitlichen Wert der wichtigsten unter den gebräuchlichen Übungen beurteilen kann. Demgemäß wird es das einfachste sein, einen Blick auf die verschiedenen Körperteile zu werfen und in großen Zügen den unmittelbaren oder mittelbaren Anteil, den jeder derselben bei den verschiedenen gebräuchlichen Übungen hat, kurz zu skizzieren.

II

Bei der Mehrzahl der Übungen fällt die hauptsächlichste und direkte Rolle den Gliedern zu und die indirekte dem Rumpf, der die Arbeit der Arme und Beine unterstützt, sei es, daß er eine Muskelanspannung ausübt, die in derselben Richtung tätig wird, oder eine Haltung einnimmt, welche die Ausführung der Bewegung erleichtert.

Der *Arm* scheint das Werkzeug aller Übungen des modernen Turnens zu bilden. Die meisten Übungen, welche in den Turnhallen ausgeführt werden, setzen als Vorübung voraus, daß man entweder einen Strick oder eine Barre anfaßt. Die oberen Gliedmaßen müssen dann entweder den Körper in dem Tauwerk, das die Hände ergreifen, aufziehen oder hängen lassen, oder ihn auf den Stangen aufstützen, indem man sich mit den Händen aufstemmt. Das Hangen oder der Stütz des Körpers sind die zwei hauptsächlichsten Anfangsstellungen der Übungen mit Turngeräten. Bei diesen Übungen müssen die Arme das Körpergewicht nach verschiedenen Richtungen bewegen. Sie übernehmen in gewisser Weise die Rolle der Beine. Aber was die Beine mit Hülfe ihrer kräftigen Muskelmassen leicht ausführen können, können die Arme nur mit Schwierigkeit ausführen, und sie

müssen alle ihre Energie anwenden, um den Körper, sei es durch die Armkraft, hoch zu ziehen, sei es nach und nach aus dem Hang in den Stütz überzugehen bei jener Bewegung, die man Aufzug nennt. Ein Turner, der einen Aufzug ausführt, verrichtet eine Arbeit, die durch das Gewicht seines Körpers in zweimaliger Multiplikation mit seiner Armlänge dargestellt wird. Die meisten Turnübungen muten somit den oberen Gliedmaßen eine beträchtliche Arbeit zu; in der Tat pflegen sich auch die Arme bei Liebhabern des Geräteturnens rasch und stark zu entwickeln.

Die Arbeit der Arme ist ferner nötig bei allen Übungen, welche das Versetzen von mehr oder weniger schweren Gewichten nach verschiedenen Richtungen hin bei feststehendem Körper fordern. So fordert die Arbeit mit Hanteln eine Muskelkraftentwickelung des Armes nach Verhältnis des Gewichts der gehobenen Masse. Aber niemals sind die gehobenen Gewichte so schwer wie der menschliche Körper, so lange man nicht zur eigentlich athletischen Gymnastik übergeht. Auch übernehmen die Muskeln und die Knochen bei der Mehrzahl der Übungen im Stehen niemals eine so große Arbeit, wie bei denjenigen Übungen, die das Stützen oder Hangen des Körpers mit Hülfe der Hände fordern. Wenn ein Turner sich auf Händen, mit den Füßen in der Luft, in Gleichgewicht hält, so müssen seine Schultern das ganze Körpergewicht tragen, wie dies bei vertikaler Haltung die Hüften tun. Aber das Becken mit seinem festen Knochengürtel, der aus dicken und stark unter sich verlöteten Knochen besteht, ist sehr geeignet, als Stütz zu dienen und überträgt das Körpergewicht mit Leichtigkeit auf die beiden Schenkel, die einer tiefen Höhlung eines massiven Knochens eingegliedert sind. Dagegen ist das Schultergelenk durchaus nicht geeignet, eine gleiche Arbeit zu verrichten. Während der Körper durch die Arme gestützt wird, müssen die Muskeln, welche das Schulterblatt, den Rücken und das Schlüsselbein umgeben, energisch ins Spiel treten, um diese so beweglichen Knochenteile unbeweglich zu machen und so eine künstliche Haltung zu schaffen auf Kosten einer beträchtlichen Arbeit der Muskelgruppen der Brust, des Rückens und des Nackens.

Wir werden, wenn wir von den *Übungen, die verunstalten*, reden, die Folgen der Übertreibung dieser Tätigkeit der Muskeln, welche die Schultern zu bewegen haben, näher kennen lernen.

Die meisten Turnübungen mit Geräten fordern beständig entweder den Stütz des Körpers auf den Händen oder den Wechsel des Hangs durch die verschiedenen Klimmzüge. Auch bemerkt man vor allem bei Leuten, die sich dem Trapez, den Ringen, dem Barren widmen, eine übertriebene Entwicklung der Schultermuskeln und eine oft sehr wenig anmutige Wölbung der Fleischmassen des Nackens.

Viele andere Übungen verlangen einen großen Kraftaufwand der Armmuskeln, ohne zugleich eine so unverhältnismäßige Anspannung der Schultern zu fordern. Das Rudern z. B. verlangt eine kräftige Anziehung der Riemen, unterwirft aber das Schultergelenk durchaus nicht so heftigen Zerrungen von oben nach unten oder von unten nach oben, wie man sie beim Geräteturnen beobachtet. Beim Rudern vollziehen die Arme abwechselnd Beugungen und Streckungen durch die Bewegung des Vorstrekkens und Anziehens. Wenn das Ruder kräftig gehandhabt werden muß, tritt auch der Rumpf mit in die Arbeit ein, indem er sich nach vorn beugt, um die Streckung des Arms zu begünstigen, sodann hilft der ganze Körper mit, indem er sich ausstreckt, und hierzu tritt noch ein Stoß mit Beinen und Hüften, um die durch das Armbeugen begonnene Bewegung nach hinten durchzuführen. So wird bei der Handhabung des Ruders keine Bewegung ausgeführt, die nicht mit der Bestimmung jedes Muskels und jedes dabei angewandten Knochenhebels im Einklang stände.

Wir werden die Bedeutung dieses Umstandes näher kennen lernen, wenn wir die Übungen behandeln, welche verunstalten.

Beim Boxen, beim Stockfechten, beim eigentlichen Fechten handeln die Muskeln ebenfalls bald gleichzeitig, bald vereinzelt mit einer Last von unbedeutendem Gewicht oder gar ohne jede Belastung. Auch zeigt sich bei Leuten, die sich solchen Übungen widmen, nicht die Gestaltung, die uns bei Turnern, Ruderern und bei Berufsarten, welche das Heben schwerer Massen fordern, auffällt. Bei Boxern von Profession sind die Arme stark

muskulös, aber man erlangt nie diese für einen kräftigen Faustschlag günstige Entwickelung durch akzessorische Übungen, z. B. mit Hanteln oder mit zur Trainierung bestimmten schweren Kugeln.

Die Beine sind diejenigen Gliedmaßen, die naturgemäß durch die Umstände des Lebens am meisten geübt werden. Auf ihnen beruht beim Menschen die Funktion der Ortsveränderung. Sie müssen neben dem Marsch und dem Lauf die natürliche Körperhaltung besorgen, und auch eine Menge von komplizierten Bewegungen verrichten, wie z. B. beim Tanzen.

Das französische Boxen fordert von den Beinen eine Arbeit, die, sehr verschieden vom Gehen, sich mehr dem Tanzen nähert. Die Eigentümlichkeit dieser Übung besteht darin, den Körper zu zwingen, auf einem Beine sich zu stützen, während das andere den Fußtritt erteilt; auch ist es schwer, sich im Gleichgewicht zu halten bei den kühnen Stellungen, die den Rumpf nötigen, sich jeder Bewegung der Beine anzupassen. Um als Gegengewicht gegen das Bein zu dienen, das die Ferse in das Antlitz des Gegners stößt, muß sich der Körper auf das andere Bein stützen, vermöge einer Seitenbiegung der Wirbelsäule; sodann strecken die großen Muskeln des Beckens lebhaft die Hüfte vor, die ihrerseits einen energischen Vorstoß des Beines veranlaßt. Aber die Dehnung des Schenkels setzt eine Unbeweglichkeit des Beckens voraus, das wiederum nur fest bleiben kann, wenn die Rippen durch einen tiefen Atemzug und durch Anhalten des Atems in der Lunge immobilisiert werden. So muß man sich anstrengen, um den Fußtritt zu geben, und aus diesem Grunde wird ein gutangebrachter Fußtritt fast immer von einer Art von Seufzer begleitet, der das plötzliche Austreiben der in der Brust angesammelten Luft verrät.

Die Beine können, ohne zu ermüden, viel Arbeit verrichten, in so kurzer Zeit eine Arbeitssumme zu leisten, die der Arbeit gleichkäme, welche ein Mensch verrichtet, der schnell eine Treppe ersteigt oder einen abschüssigen Abhang laufend erstürmt. Wollte man mit Hülfe der Arme eine gleichwertige Arbeit ausführen, z. B. indem man sich an einer Leiter hinaufzöge, so würde eine schnelle Ermüdung die Übung unterbrechen, da

die Arbeit der hierfür benutzten Muskeln im Verhältnis zu deren Volumen zu beträchtlich sein würde. Aber die Atmungsbeschwerde steht im Verhältnis zur Summe der in einer gegebenen Zeit geleisteten Arbeit; auch führen die Übungen der Beine, wenn sie keine schnelle Muskelermüdung zur Folge haben, zu alsbaldigem „Außeratemkommen". Dies ist eine sehr beachtenswerte Eigentümlichkeit und von großer praktischer Bedeutung. Übungen, welche die Beine lebhaft arbeiten lassen, sind fast immer auf eine Anteilnahme der Brust an der Arbeit angewiesen. Der Lauf, der ansteigende Marsch, die Sprünge aller Art steigern die Bewegung der Seiten durch die größere Tätigkeit der Atmung. Hieraus ergibt sich eine praktische Schlußfolgerung, die wir später entwickeln werden: im allgemeinen verdienen die Übungen der Beine den Vorzug vor solchen der Arme, wenn es gilt, die Brust zu entwickeln und die Rippen zu erweitern.

Das *Becken* ist aktiv beteiligt an allen Übungen, bei denen der Körper eine senkrechte Haltung wahren muß. Seine Lage zwischen der Wirbelsäule, die es trägt, und den Schenkeln, von denen es getragen wird, nötigt es, an allen energischen Bewegungen des Rumpfes, sowohl der Wirbelsäule als auch des Brustkastens, teilzunehmen. Bei den Leibesübungen sind die Bewegungen des Beckens fast immer indirekt und akzessorisch. Es macht Stellungswechsel beim Marsch, beim Lauf, beim Sprung, indem es stets das Gewicht des Rumpfes trägt und Erschütterungen ausgesetzt wird, die sein fester Bau ohne Schädigung aushält.

Bei den Turnübungen, welche das Hangen des Körpers an den Händen oder seine Stützung auf den Armen fordert, muß das Becken oft seine Haltung verändern, aber es hat dabei nicht das Gewicht des Rumpfes zu tragen, sondern nur dasjenige der unteren Gliedmaßen. Diese Übungen fordern alle Augenblicke eine Bewegung, die man bei den gewöhnlichen Verrichtungen des täglichen Lebens fast niemals beobachtet, nämlich eine Biegung des Beckens gegen den Rumpf. Das Resultat dieser Bewegung ist eine Umbiegung des Körpers in zwei Teile unter Annäherung der Beine an die Brust. Um den Umschwung am Trapez und die verschiedenen Umschwünge an den Ringen oder am Reck aus-

zuführen, ist die Biegung des Beckens über den Rumpf nötig. Es sind die breiten Bauchmuskeln, denen es obliegt, das Becken auf den Rumpf oder umgekehrt den Rumpf auf das Becken umzubiegen. Auch werden diese in der Regel bei Turnern von Beruf sehr fest und dick. Daher sieht man so selten starke Bäuche bei Personen, die beständig am Trapez arbeiten; die Festigkeit der Bauchmuskeln bildet ein ausgezeichnetes Vorbeugungsmittel gegen die fettige Infiltration der Eingeweide. Feste und kräftige Bauchmuskeln bilden den besten „Gürtel gegen Dickbauchigkeit".

III

Die *Wirbelsäule* bildet die Achse des Körpers; sie besteht aus einer großen Zahl beweglicher Stücke, die ebensowohl einen Stellungswechsel des Ganzen, wie isolierte Bewegungen ermöglichen. Auch wird kein anderer Körperteil häufiger in seiner Gesamtheit oder wenigstens mit einem seiner Teile bei der Arbeit in Anspruch genommen. Die verschiedenen Leibesübungen und die verschiedenen Berufsarbeiten benutzen die Wirbelsäule in sehr verschiedener Weise. Vielfach ist sie bei einer Bewegung als Gegengewicht beteiligt, um das durch Verrückung des Schwergewichts bedrohte Gleichgewicht wiederherzustellen. Sie bildet eine Art Balanzierstange, deren Stellungsänderungen alsdann eine rein kompensierende Rolle spielen. So, wenn man sich vornüber oder nach hinten beugt, je nachdem man eine Last auf dem Rücken oder auf dem Bauche trägt.

Manche Bewegungen der Gliedmaßen fordern die Mitwirkung der Wirbelsäule nicht zum Zwecke der Wahrung des Gleichgewichts, sondern um eine zur Ausführung der Arbeit besonders günstige Körperhaltung zu geben. Gewisse Berufsarbeiten verlangen, daß der Arbeiter sich bückt oder vornüber neigt; die Wirbelsäule muß sich der Arbeit der Arme anpassen, indem sie sich entweder nach vorn oder auch seitlich biegt. Beim Arbeiter, der gräbt oder hackt, verlangt die Arbeit eine Biegung des Rumpfes, um den Händen die Annäherung des Werkzeugs an den Boden zu ermöglichen.

Bei allen Leibesübungen kommt sehr viel auf die Körperhaltung an; der Erfolg einer Turnübung hängt fast immer von der

richtigen Körperhaltung ab. Meistens beginnen die Arme nur die Bewegung, aber die Rumpfmuskeln führen sie zu Ende. Bei den Ringen, beim Trapez, beim Barren läßt sich keine Übung durchführen, wenn die Wirbelsäule dem Anziehen der Arme nicht entweder durch Biegung oder Streckung nachfolgt.

Beim *Reiten* kommt scheinbar die Hauptrolle den Schenkeln zu, die durch ihren energischen Druck den Reiter sozusagen im Sattel halten. Gleichwohl wird ein guter Reitersitz in erster Linie von dem Gleichgewicht abhängen, das der Rumpf zu wahren hat. Alle Reiter sind darüber einig, daß man bei gutem Sitz, d. h. bei einer zur Wahrung des Gleichgewichts günstigen Körperhaltung, nur wenig Kraft aufzuwenden hat, um sich im Sattel zu halten. Mehr noch, den Erschütterungen der lebhaften Gangarten kommt die Wirbelsäule, vermöge der großen Beweglichkeit der Stücke, aus denen sie zusammengesetzt ist, mit einer Reihe lokaler Bewegungen, sei es in der Rückengegend, sei es in der Hüftgegend zuvor und läßt so die Gegenwirkungen des Pferdes sich auslösen und verlieren, ohne daß der Rumpf seinen Halt einbüßt.

Manchmal verbindet sich die Wirbelsäule in besonders eingehender Weise mit den Gliedmaßen, um die Änderungen ihrer Richtung zu begleiten.

Beim *Stoßfechten* z. B. verlängert sich die Wirbelsäule in dem Maße, wie der Arm sich ausstreckt, mittels einer starken Streckung und, wenn der Fechter einen Ausfall macht und seine Waffe nach dem Gegner stößt, wird die Wirbelsäule lebhaft in derselben Richtung vorgeschnellt, und zu dem Ende muß sie sich nach der Seite des zustoßenden Armes dermaßen biegen, daß der Degen, der rechte Arm und die Wirbelsäule in derselben Achse liegen und eine gerade Linie bilden.

Diese Verbindung der Wirbelsäule mit den Bewegungen des Arms ist bei allen Übungen zu beobachten, bei denen die Rumpfmuskeln die Tätigkeit der oberen Gliedmaßen zu unterstützen und zu verstärken haben. Will man mit der Faust einen kräftigen Stoß erteilen, so muß das Rückgrat, um sich dieser Bewegung möglichst wirksam anzuschließen, sich zur Seite biegen, um sich in die Achse des Arms zu bringen; denn diese Richtung ist vorteilhafter als eine Winkelstellung, um die durch die Streck-

muskeln des Arms ausgeführte Bewegung mit der ganzen Macht des Rumpfes zu unterstützen. Ein Faustschlag, sagen die Boxer, muß mit dem Rücken und mit Unterstützung des ganzen Körpers gegeben werden.

Wenn die Wirbelsäule somit den oberen Gliedmaßen, sei es eine einfache Stütze, sei es eine tätige Beihülfe gewährt, kann sich zweierlei ereignen: entweder vereinigt sich die Wirbelsäule mit der Richtung eines einzigen Arms, wie dies beim Fechten stattfindet, und dann biegt sich der Knochenstamm des Rückgrats nach der Seite des stoßenden Arms, weicht also entweder nach rechts oder nach links ab, oder die Wirbelsäule gesellt sich der Arbeit beider Arme zugleich und in diesem Falle zeigt sie keine seitliche Abweichung, sondern vergrößert lediglich ihre Krümmung.

In der Tat entspricht die Muskelansatzstelle der Schultern dem Anfang der von dem Bogen der Rückenwirbel gebildeten Konkavität. Nehmen wir an, daß die beiden Arme gestreckt eine sehr große Hantel über dem Kopf halten: die Richtung der Arme wird der allgemeinen Richtung der Wirbelsäule parallel sein. Aber die Wirbelsäule ist nicht geradlienig; sie stellt mehrere Krümmungen dar, deren eine beim siebenten Nackenwirbel beginnt, d. h. an der Linie des Schulteransatzes und bis zum zwölften Rückenwirbel reicht. Die zwölf Rückenwirbel bilden somit einen Bogen, dessen Sehne eine Senkrechte zum Boden bildet, d. h. also eine Linie, welche genau die Richtung des Druckes von oben nach unten hat, den die Arme aushalten. Die Wirbelsäule erleidet, wenn sie den senkrechten Widerstand der oberen Gliedermaßen unterstützt, eine Pressung, welche dieselbe Wirkung auf die Rückenbiegung ausübt, wie die Anspannung der Sehne eines Bogens, d. h. sie vermehrt ihre Krümmung.

Endlich kann die Wirbelsäule eine hervorragende Rolle bei einer Muskelanspannung spielen. Viele Bewegungen lassen sich nur mit Hülfe eines Rückenschwungs ausführen, der bald, wie wenn man eine schwere Glocke in Bewegung setzt, den Rumpf beugt, bald den Körper aufrichtet, wie wenn man eine schwere Hantel vom Boden nimmt und bis zu einer bestimmten Höhe hochhebt. Viele Übungen fordern solche abwechselnde Biegungen und Streckungen der Wirbelsäule. Das Rudern z. B. setzt bei

jedem Ruderschlag die Wirbelsäule ein, die sich biegt, wenn man das Ruder nach rückwärts zieht, und kräftig aufrichtet, wenn man es wieder vorstößt.

Um vom Stand aus zu springen, muß die Wirbelsäule ebenfalls mit eintreten. Der Springer beugt sich, um sich emporzuschnellen wie ein Bogen, richtete sich dann wieder auf, ähnlich einer Sprungfeder, die sich ausdehnt. Wenn man mit Anlauf springt, so wird die durch den Anlauf erlangte Geschwindigkeit benutzt, um den Körper hochzuschnellen; in der Luft oben muß der Turner beim Hochsprung die Muskelkraft der Rückengegend einsetzen. An einer sehr merkwürdigen Momentphotographie, die Marey[1] aufgenommen hat, kann man zehn aufeinanderfolgende Körperhaltungen eines Springers, der ein Hindernis nimmt, sehen, und unter diesen Körperhaltungen finden sich vier oder fünf, bei denen die Wirbelsäule, zunächst durch eine Bewegung, welche die Knie anzieht und dem Bauch nähert, gekrümmt, zwei Zehntel Sekunden später sich in starker Streckung zeigt zufolge einer Schwungbewegung des Rumpfes, welche den Zweck hat, die unteren Gliedmaßen möglichst weit nach vorn zu schwingen. Der Körper des Springers nimmt dann im Verhältnis zum Boden eine äußerst schiefe Lage an. Die Achse des Rumpfes bildet mit der Fläche, auf der er zum Stand kommen soll, einen Winkel von 45°, der augenscheinlich unvereinbar ist mit einer festen Stellung der Füße. Daher bedarf es jetzt wieder eines kräftigen Rückenschwungs, um die Wirbelsäule senkrecht zu stellen, bei Gefahr eines Sturzes nach hinten.

So muß die Wirbelsäule bei Turnübungen sich in jedem Augenblick aktiv an der Tätigkeit der Glieder beteiligen, um die von dieser begonnene Bewegung durchzuführen.

Die meisten mit Hülfe von Geräten ausgeführten Übungen lassen ausschließlich die Arme arbeiten, nötigen aber doch auch die Muskeln, welche die Wirbel bewegen, zu sehr aktiver Teilnahme. Bei Aufzügen von vorn oder nach hinten wird der Muskelakt durch eine kaum merkliche Biegung der Wirbelsäule erleichtert, indem entweder der Rücken gekrümmt oder auch das Kreuz durch die Anspannung hohl gemacht wird.

[1] Marey, „La machine animale“

In den bisher erwähnten Fällen spielt die Wirbelsäule eine aktive Rolle mit Hülfe der Muskeln, die hier ihren Ansatz haben und die sich energisch an der Arbeit beteiligen. Es gibt andere Umstände, unter welchen die Knochensäule des Rückgrats eine passive Rolle hat und lediglich dem Einfluß der Schwere folgt. Wenn man mit den Armen an einem Trapez hängt und der Körper senkrecht durch sein eigenes Gewicht nach unten gezogen wird, so befinden sich sämtliche Muskeln des Rückens in vollkommener Ruhe, aber die Wirbel, an denen sie ansetzen, unterliegen der Zugkraft des im freien Raume hangenden Körpergewichts. Der Aufhängungspunkt wird durch den Ansatz der Schulter gebildet und entspricht dem oberen Ende des Nackenbogens oder dem siebenten Halswirbel. Von diesem Aufhängepunkt an gehorcht der gesamte Körper der Schwerkraft, die ihn nach unten zieht, und es ist leicht zu begreifen, daß alsdann sämtliche Krümmungen der Wirbelsäule das Bestreben haben, sich auszugleichen; denn sämtliche beweglichen Stücke, welche das Rückgrat bilden, suchen die lotrechte Richtung eines Senkbleis zu erlangen.

Dasselbe Ergebnis stellt sich ein, wenn der Körper, statt mit den Armen aufgehängt zu sein, durch dieselben gestützt wird. Anstatt die Hände über den Kopf zu erheben und eine Stange zu ergreifen, um sich daran zu hängen, kann der Turner die Arme abwärts strecken und sich mit den Handgelenken auf horozintalem Barren stützen und durch Streckung der Arme den Körper nach oben heben. Auch in diesem Falle wird der Stützpunkt in dasselbe Niveau gebracht werden, in dem zuvor der Hängepunkt sich befand, und der Körper wird ebenso passiv der Schwerkraft überlassen, die das Bestreben hat, die Krümmungen der Wirbelsäule zu beseitigen.

Eine Menge von Turnübungen fordert, daß der Körper einen Augenblick, sei es unterstützt durch die abwärtsgestreckten Arme oder aufgehängt mit über den Kopf gehobenen Armen, im Zustand der Ruhe verharrt. Aber dies sind regelmäßig nur Anfangsstellungen, die der Körper nicht behält, und sehr schnell hat sich alsdann die Wirbelsäule verschiedenen Körperlagen anzupassen, die ihr nicht erlauben, die rein passive Rolle zu behalten.

Am Trapez, an den Ringen, beim Barren, bildet die Zeit des Hangs mit dem Handgelenk, meistens nur eine kurze Einleitung der Übung. Das Klettern an der Leiter oder am schlaffen Seil mit bloßer Armkraft gestattet dem Turner dagegen, den Rumpf während der ganzen Dauer der Übung schlaff und geschmeidig zu lassen, da bloß die Arme arbeiten sollen.

Am Barren wird der Körper über den Armen gehoben und bleibt ruhig und geschmeidig während derjenigen Bewegungen, die unter regelmäßigem Fortschreiten der Hände ein wagerechtes Fortschreiten bezwecken. So erlaubt auch ein großer Teil der Übungen am Barren der Wirbelsäule, die Wohltat der Schwerkraft zur Beseitigung von Krümmungen auszunutzen.

Man hat im Interesse der Orthopädie den Mechanismus der besprochenen Übungen mit Erfolg angewandt, um Rückgratsverkrümmungen zu heilen. Die meisten Übungen der sogenannten schwedischen Gymnastik beruhen auf der Methode, daß man den Kranken sich mit den Handgelenken aufhängen oder auf die Arme stützen läßt, um den Körper dem Einfluß der Schwerkraft zu überlassen, welche die gekrümmte Wirbelsäule wieder in eine gerade Richtung zu bringen bestrebt ist.

Der Rahmen dieses Werkes gestattet uns nicht, auf die Einzelheiten jeder gebräuchlichen Übung einzugehen und ihren Mechanismus, d. h. die Art, wie dabei die verschiedenen Knochenhebel der Maschine des menschlichen Körpers verwendet werden, auseinanderzusetzen. Wir haben die Tätigkeitsweise der einzelnen Körperteile bei der Muskelarbeit nur in großen Zügen skizzieren und die Rolle der Glieder, des Beckens, der Wirbelsäule und der Rippen bei den gebräuchlichsten Bewegungen nachweisen wollen.

Der Zweck dieser flüchtigen Skizze ist hauptsächlich der, die Einwirkung, die jede Übung auf die verschiedenen Körperteile haben kann, sei es durch besondere Entwickelung gewisser Muskelgruppen, sei es durch Veränderung der Richtung bestimmter Knochen oder Knochensysteme, welche direkt oder indirekt Pressungen oder Erschütterungen erleiden oder auch schädliche Stellungen einnehmen, aufzuweisen.

FÜNFTER TEIL / DIE ERGEBNISSE DER ÜBUNG / ALLGEMEINE WIRKUNGEN DER ÜBUNG / ÜBUNGEN, WELCHE DIE BRUST ENTWICKELN / LOKALE WIRKUNGEN DER ÜBUNG / ÜBUNGEN, WELCHE VERUNSTALTEN / ÜBUNGEN, WELCHE NICHT VERUNSTALTEN

I. ALLGEMEINE WIRKUNGEN DER ÜBUNG

Verschiedenheit der Wirkungen der Übung · Ihre beiden Hauptergebnisse: die Verluste und die Erwerbungen · Größere Aktivität der Verbrennungen; Verbrauch der Reservegewebe · Worauf beruht das Wachstum der Ernährung? Rolle des Sauerstoffs · Das „Bedürfnis der Übung"; woraus es entsteht · Die Ansammlung von Reservegeweben · Die Schwäche der Ernährung · Warum der untätige Mensch die Ermüdung fürchtet · Unzulängliche Übung. Daraus hervorgehende mangelhafte Ernährung. Verlangsamung des Stoffwechsels · Die Fettleibigkeit · Mangel an Sauerstoff und Überfluß an Reservegeweben · Unvollständige Oxydation; die Gicht. Notwendigkeit der Übung · Allen Formen der Muskelarbeit gemeinsame Erfolge · Besondere Wirkungen je nach der Art der Arbeit · Eine Beobachtung am Pferde · Die Arbeit im Trab und die Arbeit im Schritt

Wenn man eine gymnastische Heilanstalt besucht und eine Gruppe von Patienten beobachtet, die sich hier unter Leitung eines Arztes ihren Übungen unterzieht, wird man Mühe haben zu glauben, daß dieselbe Behandlungsweise für so verschiedene Temperamente, für so vielfach verschiedene Störungen der Gesundheit nützlich sein kann. Man wird sich fragen, wie dieselbe Methode der Behandlung mit Nutzen bei vollblütigen beleibten Menschen mit gerötetem Antlitz einerseits und andererseits bei Patienten mit abgemagertem und blassem Teint angewandt werden kann.

Und doch wird man, wenn man nach Verlauf einiger Wochen wiederkommt, um die so verschiedenen Typen von neuem zu studieren, überrascht sein, zu konstatieren, daß sie jetzt weniger Kontraste in ihrem Bau und in ihrer Physiognomie darbieten. Der fettleibige hat an Gewicht verloren, der zu magere hat an Gewicht zugenommen, der erstere zeigt nicht mehr jene violette Gesichtsfarbe, die eine Überfüllung der Gefäße und beständige Belästigung durch den Blutstrom in den Kapillargefäßen verrät; der letztere dagegen hat eine lebhaftere Farbe er-

langt; das Blut durchströmt seine früher so bleichen Wangen und der Anblick der ganzen Person zeugt von einer größeren Lebenskraft.

Die Praxis der Körperübung ist bestrebt, den verschiedensten Temperamenten einen gemeinsamen Stempel aufzudrücken und demselben Typus die entgegengesetztesten Gestaltungen zu verleihen. Dies kommt daher, daß die Übung auf den Organismus zwei durchaus entgegengesetzte Wirkungen ausübt: sie steigert den Assimilationsvorgang, kraft dessen der Körper neue Gewebe erlangt, und sie beschleunigt den Stoffwechsel, der das Ergebnis hat, gewisse Stoffe im Organismus zu zerstören.

Die Bewegung des Stoffwechsels wird durch größere Intensität der Lebensverbrennungen gesteigert. Ein Muskel, der arbeitet, ist ein Muskel, der sich erwärmt, und er kann sich nicht erwärmen, ohne daß eine gewisse Quantität lebendigen Gewebes verbrennt. Die ungewöhnliche Wärmeerzeugung, welche die Arbeit begleitet, die schnelle Verbrennung gewisser Materialien des Körpers und ihre Ausscheidung aus dem Organismus in Form von Verbrennungsabfällen bilden die Ursache der Abnahme des Körpergewichts infolge von Übungen.

Weniger leicht ist es, die Zunahme der Körpermasse unter dem Einfluß methodischer Leibesübung zu erklären:

„Unter dem Einflusse der Gymnastik", sagt Dujardin-Beaumetz, „wird die Aktivität der Zellularfunktionen gesteigert und geregelt, die intrazellularen Verbrennungen werden lebhafter; die Leukomaïne, diese Gifte, welche die organische Zelle beständig erzeugt, werden rascher ausgeschieden, und aus alledem ergibt sich, daß die Fette verbrennen, daß die zellularen Funktionen regelmäßiger werden, daß zwischen den Zellen des Marks und denjenigen des Gehirns sich ein Gleichgewicht herstellt, mit einem Worte, daß die Gesamternährung zunimmt"[1].

Ungeachtet aller Bedeutung dieses Verfassers wird man nicht umhin können, seine Erklärung der Wirkungen einer Leibesübung unzulänglich zu finden. Er konstatiert lediglich ein Ergebnis: Die Ernährung nimmt zu.

Man begreift zwar, daß die Zunahme der Ernährung den Ge-

[1] Bulletin therapeutique du Mai 15, 1887.

danken einer stärkeren Aneignung der mit der Nahrungsaufnahme geschöpften Stoffe und die regelmäßigere Befestigung dieser Stoffe an den Organen und lebenden Geweben einschließt. Aber warum nimmt die Ernährung unter dem Einflusse der Übung zu? Weil, sagt Dujardin-Beaumetz, die Tätigkeit der Zellularfunktionen sich steigert und regelmäßiger wird. Es fehlt aber eine Erklärung dafür, wie die Muskelbewegung die Tätigkeit der Zellen steigert und regelt.

Uns scheint es unmöglich, die größere Tätigkeit der Zellen infolge der Übung anders zu erklären, als durch eine Steigerung des Reizes, welchen sie von den Nerven und dem Blut erhalten. Man weiß in der Tat, daß die Eigenschaften der Zelle in Abhängigkeit von diesen beiden Agenzien stehen. Wenn man die Nervenfasern, die zu den Drüsen führen, zerschneidet, so werden ihre Absonderungen wesentlich eingeschränkt oder gar vollständig aufgehoben. Aber andererseits stehen die Nerven selbst wieder in Abhängigkeit vom Blute, da die Unterbindung oder die Verstopfung der nährenden Gefäße, die zum Rückenmark oder zum Gehirn führen, augenblicklich die Eigenschaften dieser Organe zerstört.

Die Blutflüssigkeit also ist dieser „Regulator des Nervensystems", in dem man in letzter Linie die Ursachen zu suchen hat, welche geeignet sind, die Zellularfunktionen, welche die Ernährung leiten, zu modifizieren. Nun modifiziert die Leibesübung in tiefgreifender Weise die Zusammensetzung des Bluts.

Auf den ersten Blick scheinen die Einflüsse des Bluts die Funktionen der Nervenzelle eher zu beeinträchtigen als sie zu steigern. In der Tat hat Bernard durch eine Untersuchung des Venenbluts beim arbeitenden Muskel nachgewiesen, daß dieses Blut plötzlich schwarz wird und keinen Sauerstoff mehr enthält, während im Gegenteil das Venenblut des Muskels im Zustande der Ruhe eine Quantität Sauerstoff enthält, die derjenigen im Arterienblut fast gleichartig ist. Nun weiß man, daß das Venenblut, mit Kohlensäure überfüllt und des Sauerstoffs beraubt, auf die Nervenzelle und auf alle organischen Elemente einen lähmenden Einfluß übt, der ihre Funktionen weniger aktiv gestalltet.

Aber die nachträglichen Wirkungen der Übung sind weit entfernt, diese unmittelbaren Wirkungen zu gleichen, und wenn das Blut während Arbeit seines Sauerstoffs beraubt wird, so Zeit nach dem Aufhören der Arbeit, um so mehr damit bereichert. Dies kommt daher, daß während der Übung, wenn die Verbrennungen sich steigern, die Atmung erheblich verstärkt wird. Der Sauerstoff, der durch die Lunge eintritt, ersetzt denjenigen, der für die Verbrennungen verbraucht wird, und so ist das Endresultat der Übung nicht ein Verlust, sondern ein Mehrerwerb dieses Lebensstoffes.

Die Übung führt dem Organismus mehr Sauerstoff zu, als durch die Verbrennungen verbraucht wird; wenigstens scheint die direkte Beobachtung zu beweisen, daß in den Augenblicken, die auf eine anstrengende Übung folgen, das Blut, das einen Augenblick mit Kohlensäure überladen war, nachher mit Sauerstoff gesättigt wird. In der Tat, wenn man einen Menschen beobachtet, der soeben eine Muskelarbeit verrichtet hat, die ausreichte, um seine Atmung zu steigern, so kann man feststellen, daß er nach dem Aufhören der Atembeschwerde, die aus Überfluß an Kohlensäure entsprang, nachträglich ein weit geringeres Bedürfnis nach Atem und eine merkliche Verlangsamung der Atembewegungen zeigt.

Wenn man einen Menschen beobachtet, der sich nach einer anstrengenden und anhaltenden Muskelarbeit ausruht, so sieht man, wie seine Atmung, die anfangs noch eine starke Beschleunigung zeigte, allmählich wieder ihren gewöhnlichen Rhythmus annimmt, und setzt man die Beobachtung fort, so sieht man die Atembewegungen noch langsamer werden, bis sie schließlich gar unter die Normalziffer herabsinken.

Bei einer Besteigung in den östlichen Pyrenäen haben wir an uns selbst und an unserem Führer folgende Feststellungen gemacht. Bei Beginn des Aufstiegs, bevor die Atmung durch die Übung beeinflußt war, hatten wir bei unserem Führer 14 Atemzüge in der Minute, bei mir 16. Nach 20 Minuten Anstieg, fast senkrecht steil, atmete unser Führer 28 mal, ich 30 mal. Aber nach 6 Minuten Ruhe war die Atmung bei dem einen auf die Ziffer 10, beim andern auf die Ziffer 9 für

die Minute gesunken. Das Endresultat der Übung war also eine Minderung des Atembedürfnisses, eine momentane Apnoea. Nun weiß man, daß die im Blut angesammelte Sauerstoffmenge die Verminderung des Atmungsbedürfnisses zur Folge hat[1].

Somit beschafft sich ein Mensch, der eine Übung vollzieht, einen Vorrat von Sauerstoff. Dieses Gas speichert sich gewissermaßen im Schoße der anatomischen Elemente auf, aus denen der Organismus sich aufbaut; es verbindet sich hauptsächlich mit den Blutkörperchen, deren Farbe dadurch rötlicher wird, was zugleich eine Vermehrung ihrer Lebenskraft bedeutet. Dieses sozusagen lebendigere Blut bringt in die Organe eine heilsame Anregung, welche sie zu tätigerer Arbeit umstimmt.

Man hat experimentell bewiesen, daß alle Elemente des Organismus durch Berührung mit stark von Sauerstoff gesättigtem Blut eine Art Neubelebung ihrer Energie erfahren. Durch den Einfluß einer Injektion mit oxygeniertem Blut hat man die Drüsen zu lebhafterer Ausscheidung angeregt, die Kontraktilität der ermüdeten Muskelfasern wiederhergestellt und sogar in den Hirnzellen eines enthaupteten Tieres das Leben nochmals wachgerufen[2].

Man begreift, daß unter dem Einfluß stark mit Sauerstoff gesättigten Blutes die Drüsen der Verdauungsröhre kräftiger die zur Verarbeitung der Nahrungsmittel nötigen Säfte ausscheiden können; daß die kontraktilen Fasern der Eingeweide ihre zur Verdauung so notwendigen peristaltischen Bewegungen energischer ausführen, daß endlich aufsaugende Gefäße die verarbeiteten Nahrungsmoleküle vermittels einer Bewegung der Endosmose mächtiger in den Verdauungskanal hineinziehen. Somit zieht die Erwerbung einer größeren Menge Sauerstoff eine größere Intensität der Aneignungsvorgänge und somit das Wachstum der Körpermasse nach sich.

[1] Richet, Revue scientifique du 4 mai 1887, p. 725. [2] Experiment von Brown-Sequard.

II

Die Übung hat also heilsame Erfolge ebensowohl bei Patienten, die zu wenig zunehmen (assimilieren), als auch bei solchen, die keinen genügenden Stoffwechsel haben (die nicht genug disassimilieren); die Muskelarbeit ist als Regulator der Ernährung ebenso unentbehrlich für zu reichlich wie zu ärmlich ausgestattete Leibesverfassungen. Auch gibt es kein Lebewesen, kein Individuum, das sich nicht instinktiv zu diesem mächtigen, allgemeinen Element der Lebenstätigkeit hingezogen fühlte.

Wenn man ein kräftiges Pferd sehr lange im Stall gehalten hat, so sieht man es bei seinem ersten Ausritt Sprünge machen und ausschlagen, es bezeugt durch sein munteres Verhalten eine große Lust der Bewegung. Man sagt dann, das Tier sei frisch. Diese große Lebendigkeit hat aber keineswegs bloß den Zweck, die Freude der wiedererlangten Bewegungsfreiheit an den Tag zu legen, sie ist ein Zeichen eines wahren *Bedürfnisses der Übung*, welches vom Tiere empfunden wird.

Dasselbe Bedürfnis zwingt die Bestien in den Menagerien in ihren Käfigen sich beständig im Kreise zu drehen; beim Verlassen des Schulzimmers stürzen sich die Kinder mit Sprüngen und Poltern auf den Spielhof, und die Hunde spielen auf der Straße Krieg.

Jedes Lebewesen, das lange bewegungslos geblieben ist, empfindet ein Bedürfnis nach Tätigkeit, und schon diese Tatsache beweist die gesundheitliche Bedeutsamkeit der Leibesübungen.

Das Bedürfnis nach Leibesübung ist einer der zahlreichen Triebe, welche die Lebewesen zur Verrichtung von Handlungen antreiben, die zur Erhaltung des Lebens oder der Gesundheit dienen. Jede fortgesetzte Unbeweglichkeit erzeugt ein Bedürfnis nach Muskelübung, wie andererseits anhaltende Arbeit das Bedürfnis des Ausruhens zeitigt[1]. Das Bedürfnis nach Ruhe wird Ermüdung genannt; das Bedürfnis nach Leibesübung hat

[1] Das Bedürfnis nach Übung nimmt in dem Verhältnis an Intensität zu, in dem die Temperatur sinkt; bei starker und beißender Kälte fühlt man sich mehr zur Körperarbeit aufgelegt, als bei starker Hitze. In diesem Falle entsteht das Bedürfnis nach Übung aus einem Instinkt, der uns antreibt, durch die Bewegung Wärme zu erzeugen.

keinen besonderen Namen, dürfte aber einen solchen ebensogut verdienen, wie z. B. der Hunger, der Durst usw.

Unter dem Einfluß mangelnder Übung häufen sich gewisse Stoffe, die täglich durch Arbeit verbraucht werden sollten, in der menschlichen Maschine an, deren Räderwerk sie nunmehr hemmen und stören. Diese Stoffe sind die Reservegewebe, deren Ursprung und Bestimmung wir nachgewiesen haben. Wenn in der Ernährung vollkommenes Gleichgewicht bestehen soll, so müssen die Reservegewebe in dem Verhältnisse, in dem sie zur Entstehung kommen, verbraucht werden. Werden sie nicht regelmäßig aufgebraucht und durch die Masse lästig, so fühlen wir instinktmäßig den Trieb nach Muskeltätigkeit mit dem unbewußten Zwecke, diese Gewebe zu verbrennen, und so stellt sich das Bedürfnis nach Arbeit ein.

Aber der Überfluß an Reservegeweben ist nicht die einzige Ursache des Bewegungsbedürfnisses; wenn der Mangel an Übung zur Überwucherung gewisser dem Organismus unnützer Gewebe führen kann, so kann er auch zur Verminderung von Geweben führen, die für das Gleichgewicht der Gesundheit nötig sind, und wenn man sieht, wie untätige Menschen einen übermäßigen Fettbauch erhalten und vollblütig werden, so sieht man auch, daß andere aus Mangel an Bewegung verkümmern und abmagern.

So macht sich das Bedürfnis nach Übung ebensowohl für magere Subjekte, die zu wenig aufnehmen, wie für fette und vollblütige, die zu wenig ausgeben, geltend.

Es beruht also auf zwei physiologischen Bedürfnissen, über welche der Instinkt uns benachrichtigt. Es kann aus einer Überbürdung mit Reservegeweben und der Notwendigkeit, solche zu verbrennen, entspringen; es kann auch seine Ursache in einer allgemeinen Erschlaffung der Funktionen und dem Bedürfnis nach einem Reiz haben, der sie zu erneuter Tätigkeit anregen soll.

Das Bedürfnis, überflüssige Reservegewebe zu verbrennen, die Notwendigkeit, dem Organismus mehr Sauerstoff zuzuführen, diese beiden Ursachen bestimmen den Instinkt, jedes Lebewesen zu einer Steigerung seiner Muskeltätigkeit anzutreiben.

Wird aber dieser Antrieb nicht beachtet, leistet man dem Übungsbedürfnis keinen Gehorsam, so treten zwei Reihen von Erscheinungen ein.

Zuvörderst, da dem Haushalt keine genügende Sauerstoffmenge zugeführt, da das Blut nicht genügend belebt wird, gibt der Blutstrom den Organen nicht jene wertvolle Reizung, jenen heilsamen Peitschenschlag, der ihr Spiel anregt und alle ihre Energie in Tätigkeit setzt. Der Appetit läßt nach, da die Verdauungsorgane nicht angeregt werden, eine Folge der Trägheit des Magens und des Darms. Die Muskeln verlieren ihre Reizbarkeit und antworten nur langsam auf den Anruf des Willens. Mit einem Worte: die Funktionen erschlaffen, und der Organismus wird geschwächt.

Zweitens, da die Reservegewebe nicht regelmäßig verbrannt werden, häufen sie sich allmählich an und geben durch ihre übermäßige Ansammlung Anlaß zu tiefeingreifenden Gesundheitsstörungen. Bei sitzender Lebensart ist nichts häufiger als Krankheiten, deren Ursache in überschüssigen Reservegeweben liegt. Ungenügender Fettverbrauch führt zur *Fettleibigkeit*, ungenügende Verbrennung stickstoffhaltiger Gewebe zur *Gicht*.

Diese beiden Krankheiten sind keineswegs eine ausschließliche Geißel des Menschengeschlechts. Jedermann kann sich davon überzeugen, wie oft unsere Haustiere aus Mangel an Übung fett werden; vielleicht weiß mancher auch, daß sie durch Untätigkeit gichtkrank werden können. Lerchen, die man im Käfig hält, zeigen sehr oft an beiden Füßen harnsaure Verkalkungen, die völlig denjenigen gleichen, die man an den Füßen gichtkranker Menschen beobachtet.

Man weiß, daß das Leben ein unaufhörlicher Verbrennungsprozeß und daß die Lebenswärme das Ergebnis beständiger chemischer Verbindungen ist. Die eingeatmete Luft liefert ihren Sauerstoff an das Blut ab; dieser Sauerstoff ist der hauptsächlichste, wenn nicht einzige Faktor der Verbrennungen. Die Verbrennungen finden nicht, wie Lavoisier meinte, in der Lunge selbst statt, sondern im Innern der Gewebe und in der Tiefe der Organe. Der Sauerstoff, d. h. das Element des Verbrennungsprozesses, muß also beständig im Bereich derjenigen Stoffe sein,

die verbrannt werden müssen. Auch wird dieses Gas durch das Blut bis in die entlegensten Teile des Umlaufgebietes befördert.

Sobald der durch die Atmung beschaffte Sauerstoffvorrat unzureichend ist, werden die Verbrennungen verlangsamt und unvollständig, wie in einem Ofen, der schlecht zieht. Wenn das Feuer in einem Ofen, der schlecht zieht, ausgeht, so ist daran der Mangel an Sauerstoff schuld infolge des Nachlassens des Luftstromes, der ihn durchziehen muß. Ebenso kann im menschlichen Körper die Lunge gewissermaßen als der Kamin gelten, der den zum Verbrennen bestimmten Geweben den Sauerstoff zuführt. Wenn die Übung ungenügend ist, so liefert die Atmung dem Blute nur einen schwachen Beitrag an Sauerstoff, und die Lebensflammen lassen nach.

Aus dem unzulänglichen Vorrat an Sauerstoff ergibt sich die unvollkommene Oxydierung der zur Zersetzung bestimmten Gewebe. Mangels hinreichenden Brenngases werden jetzt z. B. die stickstoffhaltigen Gewebe, anstatt unter vollständiger Verbrennung Harnstoff, ein an Sauerstoff sehr reichhaltiges Produkt, zu bilden, nur Harnsäure liefern, d. h. ein viel weniger sauerstoffhaltiges Produkt. Nun aber ist Harnstoff sehr lösbar, scheidet sich leicht aus und ist für den Organismus fast unschädlich. Harnsäure dagegen ist schwer löslich, geht nur schwer durch das Netz der Ausscheidungsorgane und läßt sich, wenn er sich in übermäßiger Weise im Blute bildet, schwer beseitigen; der Urin, der ihn nach außen abstoßen sollte, läßt eine große Menge davon im Blute zurück, und so entsteht die Gicht. In der Tat ist Gicht nichts anderes, als eine Überlastung des Blutes mit Harnsäure. Die Krankheitserscheinungen in einem mit diesem Stickstoffprodukt, dem sog. Gichtgift, belasteten Organismns können sehr verschieden sein. Lagert es sich in den Gelenken ab, so kommt es zu Gelenkschmerzen; verstopft es die Ausscheidungskanäle der Nieren, so entsteht der sog. Nierenstein.

Es liegt nicht innerhalb des Rahmens unserer Arbeit, eine vollständige Beschreibung aller aus unvollständigen Verbrennungen entstehenden Krankheiten zu liefern. Aber es war angezeigt,

ein Beispiel aus den gewöhnlichsten Tatsachen der Pathologie hervorzuheben, um den Mechanismus des Mangels an Körperübung in der Erzeugung von Krankheiten klar zu machen.

III

Um sich von den Wirkungen der Muskelarbeit auf den allgemeinen Ernährungsvorgang ein deutliches Bild zu machen, genügt es, die entgegengesetzten Wirkungen des Mangels an Tätigkeit zu kennen. Nun haben wir gesehen, daß die Folgen unzulänglicher Übung sich in zwei Richtungen geltend machen: 1. übermäßige Anhäufung von Reservegeweben; 2. unzulänglicher Vorrat von Sauerstoff. Alle leichteren oder schwereren Krankheitserscheinungen infolge von Mangel an Muskelarbeit lassen sich auf diese beiden wesentlichen Störungen im Gleichgewicht des Organismus zurückführen.

Mangel an Sauerstoff führt zur Erschlaffung aller Lebensfunktionen mangels Reizung der Organe; daher zu ungenügender Verarbeitung der Nahrungsstoffe und zur Schwächung des Organismus. Überschuß an Reservegeweben führt zu Gesundheitsstörungen infolge von unzulänglichem Stoffwechsel, somit auch zur Verlangsamung der Ernährung[1].

So groß ist die Bedeutung der Leibesübungen für die Regulierung der Ernährung. Wer seine Gesundheit erhalten will, muß unbedingt dem instinktiven Gebote des Organismus gehorchen, der, wenn er längere Zeit untätig geblieben ist, sein Bedürfnis nach Leibesübung anmeldet, ein Instinkt, der jedes Lebewesen antreibt, seine Muskeln in Tätigkeit zu setzen.

Aber man sollte diesem Instinkt rechtzeitig Gehör schenken; denn das Bedürfnis nach Bewegung schwindet bald, wenn man es versäumt, ihm nachzugeben. Wird er nicht befriedigt, so wird es von Tag zu Tag schwächer; wird die Untätigkeit über das Maß ausgedehnt, so erlischt am Ende der Bewegungsinstinkt und schließlich verfällt sogar ein Wesen, das lange Zeit untätig gelebt hat, einer ausgesprochenen Abneigung gegen Muskelarbeit. Alsdann hat die allzu lange Trägheit neue organische Bedingungen geschaffen, die alle Umstände vereinigen, um die

[1] Vgl. das Buch des Professors Bouchard, Le ralentissement de la nutrition.

Ermüdung in allen ihren Formen zu einem Hindernis der Arbeit zu gestalten.

Einerseits sind jetzt die Organe erschlafft und lassen sich aus ihrer Trägheit nur um den Preis eines peinlichen Willensantriebs losreißen; die Muskeln sind steif, wenig reizbar; das Herz, den Erschütterungen der Übung zu selten ausgesetzt, bezeugt eine sehr große Erregbarkeit, wie alle geschwächten Organe, und die geringste Anstrengung führt zu sog. Herzklopfen; die Lunge, nur noch an die schwachen Anforderungen eines untätigen Lebens gewöhnt, vermag seit langer Zeit nur noch einen kleinen Teil ihrer Zellen in Tätigkeit zu bringen; die übrigen bleiben während der Atmung schlaff und geschlossen. Das Gebiet der Hämatose wird mehr und mehr eingeschränkt.

Andererseits wird der Körper durch die Untätigkeit mehr und mehr veranlagt, sich bei einer Arbeit infolge von überflüssigen Reservegeweben, dieser Quelle von Zersetzungsprodukten, zu vergiften.

Wenn ein fettleibiger Mensch eine anstrengende Übung macht, so fallen seine fettigen Gewebe sofort heftigen Verbrennungen anheim, die um so übermäßiger auftreten, je mehr ihre Zersetzung für den Organismus dringlich und je länger sie vernachlässigt gewesen ist. Diese kohlenstoffreichen Gewebe entwickeln nun übermäßig viel Kohlensäure, und die Atemnot stellt sich mit ungewöhnlicher Heftigkeit ein. Wenn das Subjekt an Stelle fettiger Gewebe eine zu große Menge stickstoffhaltiger Reserven besitzt, so wird sich zwar die Atemnot nicht so sehr fühlbar machen, und die unmittelbare Ermüdung wird erträglich erscheinen. Aber die nachfolgende Ermüdung wird in diesem Falle sich um so fühlbarer machen. Wir haben sämtliche Störungen, die aus einer Vergiftung mit stickstoffhaltigen Abgängen entspringen, behandelt und dargelegt, daß die Steifigkeit in direktem Verhältnisse zu diesen Abfällen steht. Es wird demnach vor allem die nachfolgende Ermüdung zu befürchten sein, wenn ein Mensch, der zu reich an Stickstoffreserven ist, sich wieder zu Leibesübungen zwingt, und diese Ermüdung kann einen Gichtanfall auslösen, der mit einem wahrhaften Durchbruch von Harnabfällen zusammenhängt.

So kann nach allzu langer Untätigkeit die Übung anstatt von Wohlbehagen begleitet zu sein, zu einer wahren Strafe werden. Der Mensch, der sich der Arbeit entwöhnt hat, weiß, daß ihm, sobald er die Tätigkeit wieder aufnimmt, ein sehr unangenehmer physischer Eindruck bevorsteht, er „fürchtet die Ermüdung". Somit befindet er sich in einem circulus vitiosus, aus dem er sich nicht mehr befreien kann. Er tut nichts mehr, weil seine Organe, durch übermäßige Aufhäufung von Reserven belastet, ihm die Arbeit schmerzhaft machen, und je mehr er sich jetzt der Untätigkeit ergibt, um so mehr häufen sich diese Reserven an. Wenn er nicht den Mut hat, den unvermeidlichen Schmerz zu tragen, der jeden Anfang in den Leibesübungen begleitet, so bleibt er in der Untätigkeit stecken, in welcher ihn das Vorgefühl des Mißbehagens der Ermüdung immer mehr befestigt, sein Zustand verschlimmert sich, er verfällt unvermeidlich einem der gekenntzeichneten Zustände, sei es einem Überschuß an Reservegeweben, sei es im Gegenteil einer Verarmung des Organismus und der Erschlaffung der Lebensfunktionen.

So entspricht das Bedürfnis nach Übung verschiedenen organischen Bedingungen, diametral entgegengesetzten organischen Zuständen.

Die allgemeinen Wirkungen der Arbeit streben alle Temperamente in einem für das vollkommene Gleichgewicht der Funktionen, welche die Gesundheit ausmachen, günstigen Sinne zu beeinflussen. Lediglich durch die Tatsache der Anpassung der Organe an die mannigfaltigen Bedürfnisse der Muskelübung pflegen Unregelmäßigkeiten in der Ernährung zu verschwinden. Durch die Tatsache ihrer regelmäßigen Tätigkeit wird die menschliche Maschine tauglich, gut zu funktionieren und erwirbt die zur Ausführung der Arbeit geeignetste Verfassung; diese Verfassung aber ist gleichzeitig die günstigste zur Verrichtung aller Lebensakte

So ist denn die Muskeltätigkeit bei allen Störungen der Ernährung heilsam, und Leibesübungen bilden eine Notwendigkeit für sämtliche Temperamente.

Aber es wäre verkehrt daraus zu schließen, daß die Wohltat einer Übung ohne Rücksicht auf die Form und Dosis der Arbeit für alle gleich sei. Wenn die Muskelbewegungen einerseits für

alle Temperamente allgemeine und identische Wirkungen hat, so haben andererseits die verschiedenen Übungen, die wir im vierten Teile dieses Buches gemustert haben, jede ihren besonderen Erfolg.

Wir können hier nicht auf die Einzelheiten der Anwendung eingehen, wir behalten uns das eingehende Studium der *Heilung durch Leibesübung* für ein besonderes Buch vor. Es genügt uns daran zu erinnern beim Schluß dieses Kapitels, wie sehr die besonderen Wirkungen der Übung nach Norm und Dosis verschieden ausfallen können. Wir haben gesehen, daß die Arbeit zwei entgegengesetzte Einflüsse auf die Ernährung ausübt: sie vermehrt die Erwerbungen und sie vermehrt auch die Verluste des Organismus. Die Hygiene der Arbeit besteht wesentlich darin, beide entgegengesetzte Resultate ins Gleichgewicht zu bringen; aber gewisse Umstände der Übung können bald das eine, bald das andere dieser Resultate zum Übergewicht bringen, und es ist möglich, mit Hülfe von Muskelarbeit ganz nach Belieben sowohl eine Verminderung wie auch eine Zunahme des Körpergewichts zu erzielen.

Ein Beispiel, das ich dem Worte des Dr. Worthington über die Fettleibigkeit entnehme, wird genügen, um zu zeigen, daß die Arbeit je nach den Einzelheiten ihrer Anwendung zu völlig entgegengesetzten Resultaten führen kann. An der Marne zwischen Alfort und Château Thierry zogen zwei Gespanne von Pferden ein Schiff auf einem Strandweg. Das eine Gespann zog es stromaufwärts und im Schritt, das andere stromabwärts, aber im Trab; für jedes Gespann bildete der Trajekt eine ganze Tagesleistung. Vom Standpunkt der in 24 Stunden geleisteten Arbeitsmenge aus verrichteten die Pferde, welche stromaufwärts zogen, eine große Summe von Kilogrammetern, da sie einen Trajekt von derselben Länge, aber gegen den Strom, ausführten; die Pferde, welche stromab zogen, hatten eine leichtere Last, und ihr Trajekt war dem der anderen völlig gleich; aber trotz der Verschiedenheit der Lasten hatte die Schnelligkeit ihrer Gangart für sie ein ganz verschiedenes Resultat. Die Pferde, welche ihre Arbeit im Trab verrichteten, magerten ab, die, welche sie im Schritt ausführten, nahmen an Gewicht zu.

II. ÜBUNGEN, WELCHE DIE BRUST ENTWICKELN

Bedeutung des Sauerstoffs im Ernährungsprozeß · Vorteile einer großen Entwicklung der Brust · Wie sich dieses Resultat durch Übung erreichen läßt. Ansichten über diesen Gegenstand. Warum wir sie bekämpfen · Durch welchen Mechanismus sich die Lunge entwickelt · Tiefatmung · Der Stoß von innen nach außen · „Breite Schultern" und „kräftige Brust" nicht zu verwechseln · Bedingungen, unter denen sich die Brust entwickelt · Umfang der Atembewegung · Die Entfaltung der Lungenzellen · Die Steigerung des Atmungsbedürfnisses · Die Brust der Bergbewohner · Übungen, „die Durst nach Luft bewirken" · Übungen, die geeignet sind, die Brust zu entwickeln · Unerwartete Folgerung: Vorzug der Beinübungen vor den Armübungen · Der Lauf und das Strickspringen

Der Umfang der Brust bedingt die Menge der atmosphärischen Luft, welche der Organismus mit jedem Atemzug aufnimmt. Nun haben wir im vorstehenden Kapitel gesehen, daß die Aufnahme einer großen Menge Sauerstoff das wertvollste Ergebnis der Leibesübungen ist.

Es ist daher von großer Wichtigkeit, die Bedingungen festzustellen, unter denen die Muskelarbeit imstande ist, das Volumen der Höhlung, in welcher die Lungen eingelagert sind, zu vergrößern.

Auf den ersten Blick kann man versucht sein, die Übungen, welche mit den oberen Gliedmaßen ausgeführt werden, die durch die Schultern- und Rumpfmuskeln bewegt werden, für die geeignetsten anzusehen, um die Rippen auszuweiten; und in der Tat: gewöhnlich werden die Armübungen für besonders geeignet gehalten, um die Atmungsorgane des Patienten zu kräftigen.

Um die Irrtümlichkeit dieser Ansicht nachzuweisen, wird es genügen, eine sehr sorgfältige Arbeit von G. Demény anzuführen und mit Bemerkungen zu versehen[1].

„. . . . Wir haben konstatiert," — sagt der Verfasser dieser

[1] Georges Demény, De l'éducation physique.

Arbeit, „daß es Körperhaltungen gibt, die in verschiedenen Graden der Erweiterung des Brustkastens günstig sind.

Die Haltungen, bei denen die Schulterblätter durch Anspannung und Kontraktion der rhomboiden, trapezoiden und großen Rückenmuskeln nach hinten gezogen und befestigt werden und als Stützpunkte für die Muskeln dienen, welche die Rippen heben, diese Haltungen, deren Typ die sog. stramme Haltung des Soldaten ist, gerade Haltung, den Bauch eingezogen und Einziehung der Eingeweide, zwingen offenbar den Brustkasten zu einer Erweiterung.

Noch mehr trägt eine mäßige Bewegung der Arme nach hinten, Kreisen der Arme seitwärts, Strecken nach vorwärts, Heben nach aufwärts, sowie auch der passive Hang mit gestreckten Armen dazu bei, die Rippen möglichst auszuweiten, den Gelenken der Rippenteile eine Beweglichkeit zu verleihen, die große Atmungsbewegungen ermöglicht und sich dem Festbleiben des Brustkastens beim Ausatmen widersetzt.“

Diesen Schlußfolgerungen gehen interessante Betrachtungen voraus über die Muskeln, die bei den angeführten Haltungen eine Rolle spielen, und der Autor beweist zweifellos, daß es die Atmungsmuskeln sind, welche die Arbeit verrichten. Ihre beiden Endpunkte werden bei diesen Haltungen voneinander entfernt, und die Muskelspannung sucht die beweglichen Einschaltungspunkte der Rippen den festen des Schulterblattes, des Schlüsselbeins und Humerus näher zu bringen.

Der Schluß Deménys geht nun dahin, daß bei diesen Haltungen mehr Luft in die Lunge treten müsse, als im Zustande der Ruhe. Richtig ist es nun zwar, daß sich bei diesen Körperhaltungen die Rippen sehr erweitern, aber der Autor verfängt sich selbst, wenn er bemerkt, daß die Tendenz zu einer Entleerung, die sich dann im Brustkasten bildet, die Baucheingeweide gegen die Höhlung der Brust anzieht, wodurch *das Zwerchfell nach aufwärts gedrängt wird.*

Wenn man sich also von dem respiratorischen Vorteil dieser Übung Rechenschaft geben will, so sieht man, daß sie sich darauf beschränkt, sämtliche beim Einatmen wirksamen Mus-

keln anzustrengen mit *Ausnahme des Zwerchfells*, das in der Ausatmungsstellung verharrt, da es sich durch die Baucheingeweide nach aufwärts drängen läßt. Wenn man sich nun mit den Händen in den Taschen, einmal die Mühe geben will, einen sehr tiefen Atemzug zu machen, so wird man leicht die Rippen bis zu den äußersten Grenzen ihrer Beweglichkeit erheben können, und man wird außerdem bemerken, daß das Zwerchfell an der Bewegung teilnimmt *und die Baucheingeweide nach unten* drückt, anstatt sich selbst durch diese gegen die Lungen nach oben drängen zu lassen. So wird der senkrechte Durchmesser der Brust vergrößert, während er zuvor durch das Anziehen der Eingeweide vermindert wurde, und im ganzen wird sich ergeben, daß die scharfsinnigsten turnerischen Stellungen nicht so viel Wirksamkeit zur Vermehrung der Brustkastenweite haben können, wie Tiefatmungen in vollkommener Ruhe.

Hieraus ergibt sich die Folgerung, daß die *beste Gymnastik zur Brusterweiterung diejenige ist, welche das Subjekt zu den tiefsten Atemzügen nötigt.*

Bevor ich diesen Gedanken weiter entwickle, muß ich hier den Mechanismus auseinandersetzen, vermittels dessen eine momentane und vorübergehende Erweiterung des Brustkastens dazu führen kann, in kurzer Zeit eine bleibende Vergrößerung seines Umfanges zu bewirken. Vor allem aber ist zu betonen, daß die Atmung keinen Vorteil davon hat, wenn lediglich die Breite des äußeren Brustumfanges verstärkt wird, aber gleichwohl der Hohlraum der Brust eine geringe Fassungskraft behält. Es handelt sich darum, den *inneren* Brustraum auszudehnen, wenn man das Atmungsvermögen des Menschen vermehren will.

Es gibt in der Tat nur *ein* Mittel, diesen Raum zu vergrößern, man muß das Volumen seines Inhalts, d. h. die Lungen, vergrößern.

Es würde ganz nutzlos sein, auf eine Erweiterung der Rippen, auf eine den Rippengelenken erteilte günstige Stellung, auf die Kraft der Einatmungsmuskeln zu bauen usw., wenn nicht in derselben Zeit, in welcher der Brustumfang erweitert wird, die Lunge an Volumen zunähme.

Wenn die Lunge schwächer wird und die durch sie gehobenen Rippen einsinken, so muß allmählich die gewölbteste Brust platt werden und sich vertiefen. Der leere Raum im Brustkasten ist durchaus unverträglich mit einer gehobenen Haltung der Rippen, und was man auch tun möge, eine leere Brust wird in die Haltung der Ausatmung versinken.

Dies sehen wir täglich infolge von Pleuritis, wenn die Lunge, durch falsche Häute beschränkt, nicht mehr fähig ist, ihr normales Volumen wieder anzunehmen und in sich selbst zusammenschrumpft, und noch den halben oder dritten Teil ihres früheren Raumes ausfüllt. Mag jetzt auch die Kraft der Einatmungsmuskeln noch so groß und die Stellung der Rippengelenke noch so günstig sein, so können sich doch die Rippen nicht erheben, weil in der Brusthöhle keine Leere vorhanden ist.

Wenn der Brustkasten sich in Ruhe befindet, so bestimmt der Umfang seines Inhalts die Größe seines äußeren Umfanges. Will man die Brust entwickeln, so soll man nicht die Rippen zu erweitern versuchen, sondern sich nur bemühen, alle Zellen der Lunge mit Luft anzufüllen; dahin kann man durch kein mechanisches Mittel gelangen, und die gelehrtesten Kombinationen von Muskelbewegungen können nur ein unvollkommenes Ergebnis liefern, wenn sie nicht von einer bewußten oder instinktiven Bewegung der Tiefatmung begleitet werden.

Die Versuche Deménys beweisen gewiß, daß die von ihm angeführten Turnübungen sehr wirksam sind, um die Rippen auszudehnen; aber sie beweisen auch, daß die größtmögliche Ausdehnung der Rippen nicht genügt, um der Lunge ihre größtmögliche Ausdehnung zu verschaffen, da in dem Augenblick, wo die Rippen sich heben, das Zwerchfell gegen die Brust gedrängt wird und die Eingeweide nach oben steigen. Das Atmungsfeld verliert also an Tiefe der Brust, was es in ihrem oberen Teile gewinnt.

Die momentane Erweiterung des Brustkastens kann während der Einatmung durch eine energische Kontraktion der Einatmungsmuskeln bewirkt werden, aber seine definitive Vergrößerung, eine solche die im Zustande der Ruhe bleibt, kann nur durch Verstärkung der Größe der Lunge erzielt werden.

Wie kann nun das Lungenorgan durch Turnübungen einen größeren Umfang erhalten? Durch einen in der Physiologie wohlbekannten Mechanismus, durch die Entfaltung gewisser für gewöhnlich untätiger Zellen der Lunge, die nur bei der Tiefatmung ins Spiel treten.

Die Entfaltung der Lungenzellen ist um so vollkommener, je beträchtlicher die in den Luftraum eingeführte Luftmasse ist. Das durch einen kräftigen Atemzug in die Lunge eingesogene atmosphärische Gas sucht sich in dem entlegensten Winkel *Platz zu verschaffen* und bläst die Zellen auch solcher Abteilungen auf, die für gewöhnlich an der Atmungsfunktion keinen Anteil nehmen.

Die Folge einer oft wiederholten Tiefatmung ist endgültige Vergrößerung des Volumens der Lunge. Die gewöhnlich untätigen Zellen, die sich bis dahin nur für den Fall eines übermäßigen Atmungsbedürfnisses in der Reserve hielten, treten aus ihrer Untätigkeit heraus, ihre gewöhnlich abgeplatteten und sogar untereinander zusammengeklemmten Zellen erweitern sich und lassen die Luft in ihre Hohlräume, die sich nicht in dem für die gewöhnlichen Atemzüge beschränkten Raum unterbringen ließ.

Werden Tiefatmungen oft wiederholt, so müssen die Zellen, deren Tätigkeit bis dahin nur gelegentlich angeregt wurde, sich schließlich mit den gewöhnlichen Atembewegungen regelmäßig verbinden; sie modifizieren alsdann nach dem schon oft erwähnten Gesetze der Anpassung der Organe an die Funktionen, welche sie verrichten, sehr bald das Gesamtorgan. Somit haben Tiefatmungen das Ergebnis, den Bau gewisser Gebiete der Lunge zu verändern, indem sie dieselbe mehr funktionieren lassen. Unter dem Einfluß ungewöhnter Arbeit nehmen die Bläschen an Fassungskraft zu und erhalten mehr Luft. Sie erhalten jetzt auch mehr Blut. Ihr kapillares Netz wird weicher und ihre Ernährung wirksamer; sie erlangen schließlich im Organ einen weniger untergeordneten Platz und bekommen größeren Raum.

So kann das regelmäßige Funktionieren einer großen Zahl von Zellen, die sonst untätig waren, schnell das Volumen der Lunge vergrößern.

Wenn wir die Verkettung der durch Tiefatmung bewirkten Veränderungen weiter verfolgen, so sehen wir, daß die Lunge die Brustwände ausdehnen muß, um sich einen im Verhältnis zu ihrem größeren Volumen genügenden Raum zu verschaffen. In der Tat eine enge physiologische Solidarität verbindet die Wände der Brusthöhle und den Inhalt derselben. Diese Wände, die sehr beweglich sind, passen sich durch eine mehr oder minder gehobene Haltung stets dem größeren oder geringeren Volumen der Lunge an. Wenn man Menschen in der Ruhelage und in dem Zwischenzustand zwischen Ein- und Ausatmung betrachtet, so kann man beobachten, daß bei denen, deren Lunge sehr entwickelt ist, die Rippen eine ähnliche Haltung bewahren wie bei der Einatmung. Die Brust ist gewölbt. Bei denen dagegen, deren Lunge einen schwachen Umfang hat, streben sofort die Rippenbogen sich zu vertiefen und eine Haltung einzunehmen, wie bei der Ausatmung: die Brust erscheint glatt. So kann man die größere oder geringere Entwicklung der Lunge eines inneren Organs mit Hilfe einer äußeren Messung einschätzen, sei es nun durch eine Meßschnur, sei es noch besser mit Hilfe des scharfsinnigen Apparates von Demény.

Fassen wir alles Vorstehende zusammen, so können wir schließen, daß man, um die Brust zu erweitern und den Bildungsfehler zu beseitigen, der in einem glatten Brustkasten besteht, nicht direkt auf die Brustmuskeln einzuwirken hat, sondern lediglich so kräftige Atemzüge wie nur möglich hervorrufen muß.

Nun gibt es zwei Methoden, um die Atmung zu steigern: die erste besteht darin, willkürlich alle Durchmesser der Brust zu vergrößern. Dies ist ein Mittel, das in den Bereich der „Zimmergymnastik“ fällt; man hat es viel gepriesen, und es mag auch gute Resultate geben können. Das andere fällt aber unmittelbar in den Rahmen unserer Forschung. Es besteht darin, den Umfang der Atmungstätigkeit durch Leibesübung zu verstärken.

II

Unser Problem hat sich jetzt klar und deutlich abgegrenzt; es handelt sich darum, wenn man die Brust entwickeln will, zu wissen, welche Übungen am geeignetsten sind, eine Reihe von umfangreichen Atemzügen hervorzurufen. Nun steht Umfang und Häufigkeit der Atmung in direktem Verhältnis zum Atmungsbedürfnis, und wir wissen, daß dieses Bedürfnis um so intensiver ist, je beträchtlicher die in einer gegebenen Zeit verrichtete Muskelarbeit ist.

Also sind diejenigen Übungen, welche die Arbeit dermaßen steigern, daß eine Steigerung der Lungentätigkeit nötig wird, am besten geeignet, das Volumen des Brustkastens zu vergrößern. Wir wissen, daß eine solche Anhäufung von Arbeit vor allem bei den Kraft- und Schnelligkeitsübungen begegnet. Der Mechanismus der Übung, ihre Ausführung mit diesen oder jenen Muskeln, bildet nur eine sekundäre Bedingung zur Erreichung des gewünschten Erfolges. Vorausgesetzt, daß nur viel Kraft in kurzer Zeit aufgewendet wird, kommt wenig auf das Verfahren an, durch welches die Muskelkräfte in Tätigkeit gesetzt werden. Es ist gleichgültig, ob die Bewegungen sehr langsam sind, sofern nur jede von ihnen eine sehr große Zahl von Atmungen darstellt, oder ob sie sehr schnell sind, jede einzelne aber eine mäßige Anstrengung erfordert. Nur darauf kommt es an, daß die Summe der durch diese wenigen oder zahlreichen Bewegungen geleistete Arbeit für eine begrenzte kurze Zeit sehr beträchtlich ist.

Nun ist aber die Arbeitsmenge, welche eine Muskelgruppe in einem gegebenen Zeitraum leisten kann, abhängig von ihrer Kraft. Es gibt Muskelgruppen, die zu schwach sind, um in kurzer Zeit viel Arbeit zu leisten. Ein einziger Arm wird seine Kraft verausgaben können, ohne daß das Ergebnis der von ihm beim Ablauf der dazu verbrauchten Zeit geleisteten Arbeit eine sehr große Summe von Kilogrammetern darstellt. Auch wird man, welche Form der Übung auch in Frage kommen, solange nur ein einziger Arm arbeitet, stets bemerken, daß die Atmung nicht merklich gesteigert wird. Die Übung wird zur lokalen Er-

müdung führen, bevor das Atmungsbedürfnis an Intensität zunimmt. Selbst eine Arbeit mit beiden Armen wird nach Ablauf einer bestimmten Zeit nicht immer eine ausreichende Arbeitsmenge liefern, um tiefere Atemzüge hervorzurufen.

Im allgemeinen stellen die Übungen, die mit den Beinen vollzogen werden, eine größere Arbeitsmenge dar, als diejenigen, die bloß mit den Armen ausgeführt werden. Die Muskeln des Oberkörpers würden eine Kraftausgabe, die den unteren Gliedmaßen keine Anstrengung macht, nicht ohne äußerste Ermüdung ausführen können. Es ist für niemanden ermüdend, 500 m zu Fuß in 5 Minuten zurückzulegen; welcher Turner aber könnte in derselben Zeit dieselbe Entfernung an einem gespannten Seil bloß mit den Armen bewältigen? Rein mechanisch würde gleichwohl die Arbeitssumme dieselbe sein: Ortsveränderung desselben Gewichts in derselben horizontalen Richtung und für dieselbe Entfernung.

Man hat sich also nicht an die Armmuskeln zu wenden, wenn man die Brust erweitern will. Die Muskelübung kann die Erweiterung des Brustkastens nur durch einen mittelbaren Einfluß bewirken, keineswegs durch eine unmittelbare Vermehrung des Volumens des arbeitenden Muskels. Der arbeitende Muskel wird zwar in der Regel kräftiger, weil seine Ernährung belebt wird. Aber der Brustkasten erweitert sich nur, wenn die Blutmenge, weil sie mit Kohlensäure überladen wird, eine größere Luftmenge fordert, um sich zu hämatosieren.

Das dringlichere Atmungsbedürfnis, d. h. der „Lufthunger", ist es allein, dem wir die instinktive Bewegung verdanken, mit der die Rippen sich heben, um eine größere Menge des atmosphärischen Fluidums in die Höhlung des Thorax zu saugen.

Der zuweit getriebene Lufthunger führt zur Atemnot, die nichts anderes ist, als ein ohnmächtiger Kampf des Organismus, der ein Bedürfnis vergeblich zu befriedigen trachtet. Wenn die Atembeschwerde mäßig ist, so führt sie zu sehr tiefen Atemzügen; ist sie aber übermäßig, so werden die Atemzüge kurz, während sie sich gleichzeitig beschleunigen.

Sonach hat keine Übung irgendwelche Wirkung, um die

Brust zu erweitern, wenn sie eine übermäßige Atembeschwerde veranlaßt.

Um es zusammenzufassen, so besteht die vorteilhafteste Methode, den Brustkasten zu erweitern und die Lunge zu entwickeln, darin, Übungen auszuführen, welche das Bedürfnis, Atem zu holen, vermehren, ohne es bis zu einem Grade übermäßiger Atemnot zu steigern.

Gehen wir von der physiologischen Erklärung zur Beobachtung der Tatsachen über, so sehen wir, daß die Praxis unsere Theorie in einleuchtender Weise bekräftigt.

Die Kraftübungen führen rasch zur Erweiterung des Brustkastens. Ebenso verhält es sich mit den Geschwindigkeitsübungen, wenn sie eine große Energie der Bewegungen fordern. Keine Übung entwickelt die Brust so schnell wie der Lauf, wenn nicht etwa der Ringkampf.

Die Gebirgsbewohner weisen sämtlich eine starke Brustweite auf, und man kann als besonderes Beispiel den außergewöhnlichen Brustumfang anführen, welchen die Indianer der Hochplateaus der Kordilleren und Anden besitzen. Diese ungewöhnliche Entwicklung der Atmungshöhlung bei den Bergvölkern läßt sich auf zwei in derselben Richtung wirksame Ursachen zurückführen: Gewohnheit, steile Abhänge zu erklimmen und ständiges Wohnen in großer Höhe, wo die Luft dünn ist. Das tägliche Begehen steiler Gebirgspfade enthält eine große Arbeitsleistung, daher Nötigung zu starker Atmungstätigkeit; das Atmen in dünner Luft zwingt den Menschen, tiefe Atemzüge zu machen, um die Unzulänglichkeit der belebenden Eigenschaften durch ein größeres Volumen der eingeatmeten Luft auszugleichen.

Die Sänger gelangen ohne eine andere Übung als die des Gesanges dahin, ihre Brust zu entwickeln und erzielen eine kräftige Atmung und bemerkenswerte Vergrößerung der Dimensionen ihrer Brust.

Zahlreiche Beobachtungen beweisen, daß es genügt, täglich eine gewisse Anzahl von Tiefatmungen zu machen, um schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit Erweiterungen des Brustumfanges von 2—3 cm zu erzielen.

Will man ein gleiches Resultat durch Muskelübung erzielen, so hat man eine Form der Arbeit zu wählen, die geeignet ist, die Intensität des Atemholens zu steigern, d. h. eine Übung, die mächtige Muskelgruppen ins Spiel bringt. Man wird so in kurzer Zeit eine große Arbeitssumme leisten, ohne Ermüdung herbeizuführen. Die Beine können dreimal mehr Arbeit leisten als die Armmuskeln, bevor sie sich ermüden. Die unteren Gliedmaßen eignen sich also besser als die Arme, um ein Atmungsbedürfnis zu erzeugen, das der verausgabten Kraft proportional ist.

Es ist also ein Irrtum, von dem mit Hülfe von Gerätschaften für Hang oder Stütz auszuübenden Turnübungen eine Entwicklung des Brustkastens zu erwarten. Das Trapez, die Ringe, der Barren leisten weniger für die Atmung als der Lauf. Diese Übungen stärken die Muskeln und selbst die Knochen der Gegend, welche arbeitet, aber sie vermehren den vorderen und transversalen Durchmesser der Brust nur in schwachem Maßstabe.

Die Menschen, welche viel mit den Armen arbeiten, zeigen fast immer eine Bildung des Körpers, die auf den ersten Blick auffällt. Sie haben manchmal breite Schultern; aber wenn nur die Arme an der Arbeit teilgenommen haben ohne Unterstützung der Rumpfmuskeln, so bemerkt man leicht, daß der nur scheinbare Brustumfang mehr auf einer übermäßigen Entwicklung der Schultern als auf einer Erweiterung der Rippen beruht.

Man ist also auf falscher Bahn, wenn man nach allzu scharfsinnigen Mitteln sucht, um die Brust zu entwickeln. Dies vor allem andern wertvolle Ergebnis läßt sich ohne einen komplizierten Apparat, ohne ein schwieriges Verfahren erreichen, und wenn man uns fragt, welchen Rat man einem Patienten zu erteilen hat, so lautet unsere einfache Antwort: Wenn ein junger Mensch eine enge Brust und eingesenkte Rippen hat, so empfehle man ihm, wenn es ein Knabe ist, Laufspiele, und wenn es ein Mädchen ist, „Strickspringen“.

III. LOKALE WIRKUNGEN DER ÜBUNG

Wirkungen der Nachbarschaft: Druckwirkung der Muskeln auf die Gefäße während der Bewegung; daraus entspringende Beschleunigung des Blutlaufs · Verschwinden von Ödemen durch Übung · Schädliche Wirkungen der Muskelspannung; übermäßiger Druck auf innere Organe · Gefahren der Anstrengung, Wirkungen der Arbeit auf die Muskeln · Nützliche Wirkungen; Anwachsen der Muskelmasse · Schädliche Wirkungen; Schwächung des Organs durch übermäßige Arbeit · Unfälle; Muskelzerreißungen, die sog. Peitschenschläge · Bestreben der Muskelfaser, sich nach einem Übermaß von Arbeit zu verkürzen · Die Halbbeugung des Vorderarms bei Turnern · Gefahren der Muskelschrumpfung · Wie eine schlecht geleitete Übung eine Verkrümmung der Wirbelsäule verursachen kann

Die Muskelarbeit hat zwei Arten von lokalen Wirkungen. Die eine erstreckt sich auf den Muskel selbst, auf den Knochen, den er in Bewegung versetzt, und auf Gelenke, die den Mittelpunkt der Bewegung bilden. Die andere macht ihren Einfluß auf dem ganzen Gebiete geltend, innerhalb dessen die Bewegung stattfindet, und auch auf Organe, die keinen unmittelbaren Anteil an der Bewegung nehmen. Wir müssen jetzt die unmittelbaren Wirkungen der Muskelkontraktion und die Wirkungen „der Nachbarschaft“ im einzelnen erörtern.

I

Die Hauptwirkungen in der Nachbarschaft derjenigen Gegenden, die den Sitz häufig wiederholter Muskelbewegungen bilden, sind auf die Pressungen zurückzuführen, welche der Muskel, indem er sich verkürzt und verdickt, auf die ihm nächsten Teile ausübt. Diese Pressung kann sich geltend machen auf Gefäße, die Flüssigkeit enthalten oder auch auf festere Körperteile, wie z. B. auf die Eingeweide, und die so erlittene Pressung kann sich auf entferntere Teile übertragen. Hieraus können Wirkungen entspringen, die keineswegs lokalisiert bleiben und die eine Verbindung zwischen den lokalen und den

allgemeinen Wirkungen der Übung bilden. So vermag die Kontraktion der Bauchmuskeln die Verdauungsfunktionen zu beeinflussen, indem sie die Nahrungsstoffe durch die Eingeweide gleiten läßt. Eine Übung, welche die Bauchmuskeln ins Spiel bringt, begünstigt die Defäkation und beseitigt vielfach die Übelstände der Verstopfung.

Desgleichen kann die Pressung, welche die Muskeln auf die Kapillargefäße ausüben, dem Blutlauf einen stärkeren Antrieb verleihen, der sich bis zum Herzen fühlbar macht, wie der auf eine mit Wasser gefüllte Kautschuckröhre ausgeübte Druck sich auf den elastischen Behälter überträgt, mit dem diese Röhre kommuniziert. Auf diese Weise kann die lokale Kontraktion eines Muskels einen Einfluß auf den allgemeinen Blutumlauf ausüben. Man weiß, daß die Stockung des Blutes in unbeweglichen Gliedmaßen Schwellungen und Ödeme verursachen kann, und man weiß auch, daß diese Gliedmaßen unter dem Einfluß von Muskelkontraktionen ihre normale Gestalt und eine mechanische Beschleunigung des Blutlaufs in den Gefäßen erlangen. Übrigens sind die Wirkungen der Muskelspannung auf die benachbarten Teile nicht immer nützlich und gesund; manchmal können die Kontraktionen infolge von Übertreibung zu Verletzungen führen. So kommt es vor, daß eine übermäßige Anspannung der Bauchmuskeln zu Leistenbrüchen führt.

Es können auch infolge von sehr anstrengender Muskelanspannung sehr schwere Unfälle vorkommen. Eine Anstemmung ist durch die Pressung der Lunge, die mit Luft angefüllt ist und auf der die Rippen ihren Stützpunkt suchen, bedingt. Eine energische Pressung, proportional der Intensität der Muskelarbeit, macht sich während der Anstrengung auf die großen Gefäße der Brust und selbst des Herzens geltend. Es kann nun vorkommen, daß der auf die Gefäße ausgeübte Druck zu stark wird, um das Blut in die Gefäße der Lunge oder des Gehirns zurückströmen zu lassen, so daß Zerreißungen dieser Gefäße und infolge davon Blutergüsse in die Lunge oder in das Gehirn eintreten. Man hat unter dem Einfluß einer zu heftigen Anstrengung Zerreißungen der großen Venen beobachtet. In diesem Falle tritt ein Bluterguß ins Rückenmark und eine Paraplegie

ein, d. h. eine Lähmung des unterhalb der Verletzung befindlichen Körperteils. Man sieht zuweilen, wie ein vor einem zu schweren Wagen angespanntes Pferd nach einem heftigen Anzug im Hinterteil gelähmt zusammenbricht. Infolge seiner zu starken Anstrengung hat das Tier nicht, wie gewöhnlich gesagt wird, das Rückgrat gebrochen, sondern ein Gefäß des Rückenmarks, und die Lähmung ist eine Folge davon.

Man hat sogar Fälle von Herzzerreißungen infolge von zu heftiger Anstrengung beobachtet. Ein Lastträger in Bordeaux hatte gewettet, ganz allein ein volles Faß zu heben. Infolge der übermenschlichen Anstrengung, die er machte, um diese ungeheure Last zu bewegen, zerriß sein Herz, und der Tod trat augenblicklich ein.

Diese mechanischen Wirkungen stehen, wie wir zu Anfang hervorhoben, auf der Grenze der lokalen und allgemeinen Erfolge. Wir werden jetzt diejenigen ins Auge fassen, die sich auf die Gegend beschränken, die den Sitz der Muskelübung bildet.

II

Die Muskelkontraktion kann die Ursache nützlicher Erfolge, aber auch den Anlaß zu Unfällen und verschiedenartigen Verletzungen bilden. Unter den nachteiligen Ergebnissen der Arbeit gibt es solche, die unvermeidlich sind; andere stellen sich nur zufällig ein, sei es infolge eines Versehens bei Ausführung der Arbeit, sei es infolge eines Mangels an Widerstandskraft in den Organen, die dabei beteiligt sind.

Man hat zahlreiche Fälle von Muskelzerreißungen während der Verrichtung von Muskelarbeit beobachtet. Diese Zerreißungen, die den Namen „Peitschenhiebe“ führen, treten allemal ein, wenn die Muskelfaser sich mit größerer Energie anspannt, als ihre Widerstandskraft gestattet. Oft sind sie die Wirkungen einer schlecht koordonnierten Bewegung. Beispielsweise wird ein Muskel allein für eine Bewegung angewandt, deren Ausführung eine ganze Gruppe von Muskeln erfordert; der Muskel zerreißt wie ein Stück, das zu schwach ist, um ein zu schweres Gewicht zu halten. Oder der Koordinationsfehler beruht darauf, daß man den Teil, der versetzt werden soll,

durch einen zu plötzlichen Ruck aus der Unbeweglichkeit heraus in Bewegung setzt, ohne ihn vorher sozusagen in die Arbeit der Bewegung einzuleiten. So sind unvorhergesehene Bewegungen oft die Ursache von Muskelzerreißungen, da sie mit zu großer Energie oder zu großer Schnelligkeit ausgeführt werden.

Manchmal verkürzt eine ungeschickte Zusammenziehung den Muskel gerade in dem Augenblick, in dem eine mechanische Ursache seine Fasern auszudehnen strebt. Diesen beiden entgegengesetzten Kräften ausgesetzt kann der Muskel nicht widerstehen und zerreißt. Wir verdanken unserem Freunde Dr. Lemaistre die Beobachtung eines Falles, in dem ein Mann sich beim Turnen einen großen Teil des Brustmuskels zerrissen hatte.

Soviel Interesse solche Unfälle bei Übungen auch dem Arzte bieten mögen, so verdienen sie hier doch keine längere Erörterung; denn ihr Mechanismus ist leicht verständlich, und ihr Vorkommen rein zufällig. Wir gehen daher zu anderen Tatsachen über, die mit dem physiologischen Akte der Muskelspannung eng verknüpft sind und unvermeidliche und notwendige Ergebnisse der Arbeit bilden.

III

Zu den auffälligsten Erfolgen der Muskelübung gehört die Veränderung des Muskels selbst unter dem Einfluß der Arbeit. Der Muskel nimmt an Volumen zu und verändert gleichzeitig seine Struktur; er verliert das Fett, das seine Fasern durchwirkte und zeigt das Bestreben, nur die ihm eigentümlichen Stoffe zu behalten. Die Muskelfasern, deren Festigkeit größer ist, als die der anderen Gewebe, verleihen der ganzen Region, die arbeitet, eine charakteristische Härte. Auch das Fett der benachbarten Teile wird durch die Arbeit verbrannt, selbst solches, das einen wesentlichen Teil des Organs bildet. Das Zellgewebe, in dem der Muskel gewissermaßen eingelagert ist, wird aufgezehrt, um die Verbrennungen zu ernähren, und die ganze Gegend erleidet eine Formveränderung, die sich durch Schwellungen und harte Wölbungen kennzeichnet: die Muskeln *springen vor*. Man kann so auf den ersten Blick bei einem Men-

schen, der sich einer anstrengenden Übung oder einem sehr arbeitsvollen Berufe widmet, die Körperteile erkennen, in denen seine Muskelarbeit lokalisiert ist.

Das Wachstum der Muskeln unter dem Einfluß der Arbeit ist durch die aktivere Blutzirkulation während der Anspannung zu erklären. Wenn ein Glied arbeitet, strömt das Blut zu, infolge einer schwer erklärlichen physiologischen Kraft, deren Wirkung sich in allen Organen, die arbeiten, in allen Elementen, die funktionieren, bemerklich macht. Die Bewegung, kraft welcher das Blut von dem Muskel während der Arbeit eingezogen wird, hat den Zweck, ihm die zur Verbrennung erforderlichen Stoffe zuzuleiten. In der Tat, ohne Wärmeerzeugung kann der Muskel keine Arbeit leisten; soll er sich aber erwärmen, so kann dies nur auf Kosten gewisser kohlenwasserstoffhaltiger Elemente geschehen, die ihm das Blut zuführten, und mangels hinlänglicher Zufuhr muß er sich selbst verbrennen.

So sieht man denn, daß ein Muskel im Falle der organischen Erschöpfung sich durch die Arbeit aufzehrt, weil alsdann die verarmte Konstitution ihm kein an Brennstoffen hinlänglich reiches Blut zuleitet. Dank der Zufuhr ausreichenden Brennstoffs durch das Blut verbraucht sich der Muskel nicht selbst, wenigstens solange seine Anspannung nicht übertrieben und nicht zu lange fortgesetzt wird. Im Falle anhaltender Überarbeitung aber muß der Muskel sich schließlich aufzehren, wie man dies bei gewissen Berufsläufern beobachten kann, deren Beine infolge des Mißbrauchs gewissermaßen austrocknen. Durch Überarbeitung verbrennt der Muskel sich selbst, da das Blut ihm keinen ausreichenden Brennstoff verschafft, wie ein Ofen zuerst das Holz, mit dem man ihn heizt, verbrennt, bei zu starker Feuerung aber sich selbst und das Eisen seines Rostes verbrennen muß.

Der Muskel zieht alle innerhalb seiner Tragweite befindlichen Teile mit zur Verbrennung heran, und somit schwindet zuerst das Fett, das ihn umgibt, und beispielsweise kann der rechte Arm, wenn er allein arbeitet, sein ganzes Fettgewebe verlieren und ein sehr kräftiges Muskelrelief zeigen, während der linke Arm, da er untätig bleibt, noch die runde und durch die In-

filtration mit reichlichen Fettmassen bedingte glatte Form zeigt. So beginnt die Arbeit, abgesehen von ihren allgemeinen Einwirkungen auf die Ernährung, auch den örtlichen Aufbau der Gegend, die am meisten geübt wird, umzugestalten. Daher ist es vom ästhetischen Standpunkte aus besonders wichtig, alle Körperteile gleichmäßig arbeiten zu lassen, wenn man auffälligen Unregelmäßigkeiten des Aussehens vorbeugen will.

Das Wachstum des Muskelvolumens läßt sich leicht erklären. Die Anspannung zieht ihm eine größere Blutmenge zu, welcher auch nach Aufhören der Arbeit noch in ihr verweilt. Die Blutzufluß ist die Ursache einer kräftigeren Ernährung durch die Stoffe, welche die Muskelfasern sozusagen berieseln und ihre Nahrungselemente an ihn abgeben.

Aber die Zunahme an Volumen bildet nicht die einzige Veränderung des Muskels, die man als Folge der Arbeit beobachtet: man kann auch eine der Bewegungen, die ausgeführt werden, besonders entsprechende Formveränderung beobachten. Dies ist ein sehr interessantes Ergebnis der Arbeit; denn es steht in engem Zusammenhange mit Verunstaltungen, die man als nachteilige Folgen gewisser Übungen festgestellt hat. Ein Muskel, dessen Tätigkeit diejenige anderer Muskeln beständig überwiegt, mit anderen Worten: ein Muskel, der sich häufiger spannt, als sein Antagonist, erleidet schließlich bis zu einem gewissen Grade eine Verkürzung. Werden z. B. die beiden Enden eines Beugers sehr oft einander genähert, ohne daß ihre Kontraktion durch eine ebenso häufige und energische Spannung des Streckers ausgeglichen wird, so behalten seine Fasern schließlich die ihnen so oft zugemutete gedrängte Haltung, und der Muskel verkürzt sich.

Bei Turnern bemerkt man oft diese halbe Kontraktion der Faser infolge von Übertreibung einer besonderen Übung. Turner z. B., die zu häufig den Unterarm gegen den Oberarm beugen, erlangen eine übermäßige Entwicklung ihres Biceps; dieser Muskel verkürzt sich in demselben Maße, in dem er sich verdickt; die Streckung in ihrem normalen Umfange wird dann behindert, sie können den Vorderarm nicht mehr in eine gerade Linie mit dem Oberarm bringen. Daraus ergibt sich eine Ver-

unstaltung, die zwar in dem erwähnten Falle nicht erheblich ist, die aber häßlich wirken kann, wenn sie gewisse Körperteile betrifft, deren regelmäßige Richtung die Harmonie der Linien und die Eleganz der Haltung bedingt. Nehmen wir z. B. an, daß ein Liebhaber der Trapezübungen zu häufig die Muskeln der Rückegegend anspannt, so werden dieselben nachteiligen Folgen, die wir vorher am Vorderarm erwähnten, alsbald sich in der Haltung seiner Wirbelsäule bemerkbar machen. Wenn die Beugemuskeln der Wirbelsäule häufiger arbeiten als ihre Streckmuskeln, so werden sie sich verkürzen, während die Antagonisten ihre normalen Dimension behalten, und die Wirbel werden sich nach vorn krümmen. Dies verursacht unvermeidlich eine gebückte Haltung. Werden die seitlichen Muskeln der Wirbelsäule überwiegend geübt, so wird sich die Verkürzung der Fasern bei ihnen einstellen. Die Wirbel werden sich dann entweder nach rechts oder nach links krümmen, je nachdem die Muskeln nach der einen Seite eine stärkere Entwicklung erhalten, als nach der anderen. So wird es zu einer seitlichen Verkrümmung der Figur, oder, wie der technische Ausdruck heißt, Skoliose kommen.

Wir werden, wenn wir von Übungen handeln, die verunstalten, sehen, wie häufig diese Skoliosen bei Übungen sind, die nur eine Körperhälfte in Anspruch nehmen, z. B. beim Fechten.

Diese Skoliosen sind zunächst rein muskulär und können verschwinden, sei es, daß die Übung, welche die einseitige Muskeltätigkeit erfordert, eingestellt wird, sei es, daß man eine Übung beginnt, welche auch die Muskeln der entgegengesetzten Seite entwickelt, um die Tätigkeit der Antagonisten auszugleichen und ein Gleichgewicht zwischen den entgegengesetzten Stellen herbeizuführen, dessen Ergebnis die Geradlinigkeit der Wirbelsäule sein muß. Allein dieses Mittel wird nicht mehr helfen, wenn es zu spät angewandt wird; denn es kann vorkommen, daß die Überbildung der Muskeln auf der einen Seite und die daraus entspringende Abweichung, nachfolgende Störungen in der Ernährung der Wirbel zur Folge haben und Verbildungen dieses Knochens herbeiführen. In der Tat wird die Wirbelsäule durch eine lange Verkettung sehr kurzer Knochenstücke gebildet, die

eines über das andere geschichtet sind und von denen jedes sich über das, das ihn stützt, bewegen kann. Wenn nun ein Wirbel, z. B. nach rechts gezogen wird, so muß die Schwungbewegung, die er ausführt, sein Gewicht nach der rechten Seite zu verschieben und seine linke Seite zu heben suchen. Der ganze Druck wird also nach rechts lokalisiert, aber dieser Druck, der von einer sehr begrenzten Stelle des Wirbels ausgehalten wird, stellt ein erhebliches Gewicht dar, nämlich das Gewicht des gesamten über ihm befindlichen Rumpfteiles. Dieser Druck muß den Ernährungsvorgang im Knochen hemmen, der nun an der gedrückten Stelle abzunehmen beginnt. Umgekehrt erleidet die linke Seite des Wirbels keine Hemmung in der Entwicklung, da sie weniger belastet wird, als im natürlichen Zustande: sie behält also ihr Volumen, und so bekommt schließlich der Knochen eine winklige Form, er bleibt auf der linken Seite, die keinen ungewöhnlichen Druck erleidet, dick, und wird auf der rechten Seite, die gedrückt wird, dünn. Dies wiederholt sich bei allen Wirbeln, die demselben verunstaltenden Einfluß ausgesetzt sind, und so entsteht eine gebogene Haltung der ganzen Wirbelsäule, eine Verkrümmung, die schwer wieder zu beseitigen ist, da sie nicht mehr durch eine bloße Muskelentwicklung, sondern durch eine materielle Entartung des Knochenbaues verursacht wird.

Die Mißgestaltung der Wirbelsäule ist eine Klippe der Gymnastik. So nützlich einerseits Leibesübungen sein können, um Abweichungen des geraden Wuchses zu beseitigen, so können sie andererseits doch auch selber solche hervorrufen, wenn sie ohne Methode angewandt werden.

IV. ÜBUNGEN, DIE VERUNSTALTEN

Gymnastik und Ästhetik · Ein eingewurzeltes Vorurteil: Die „Schönheit der Formen" der Turner · Verunstaltungen, die das Geräteturnen hervorruft · Mechanismus der Verunstaltungen · Zuviel Armübungen · Die Stützübungen · Die Aufzüge · Das Reck · Der Barren · Die Umschwünge · Das Trapez Der runde Rücken der Turner · Das Fechten · Die Skoliose der Fechter · Vergleichende Beobachtungen bei Rechts- und Linksfechtern · Unsere Folgerungen widersprechen älteren Schriftstellern · Die verschiedenen Stellungen des Fechters während der Phasen des Ganges · Die Paradestellung; der Ausfall; Parade und Nachstoß · Die Hanteln · Verschiedene Resultate des Reitens auf dem Rennplatz und in der Bahn · Die Bukkel der Jockeis und die schöne Haltung der Kavallerieoffiziere

Wenn man einem Preis- und Schauturnen beiwohnt und Muße hat, die Körperbildung der jungen Leute zu prüfen, die daran teilnehmen, kann man sich eines gewissen Eindruckes der Enttäuschung nicht entschlagen. Ach! was? das also ist die Harmonie der Formen, die Reinheit der Linien, die unsere Turner aufweisen sollten, wie voreinst die alten Griechen infolge ihrer Gewöhnung an Leibesübungen? — Vergleicht man damit die antiken Statuen des „Achilles", des „sterbenden Fechters", des „Diskuswerfers", so kann man nicht umhin, zu behaupten, daß, wenn diese Helden so durch Gymnastik gebildet sein sollten, ihre Gymnastik sicherlich eine andere gewesen sein muß, als die moderne Turnerei. Gestehen wir es ein: nichts hat weniger die erhabene Gestalt eines Halbgottes als ein „Trapezvirtuose". Es ist schwer, sich dem Strom einer öffentlichen Meinung zu widersetzen, die uns die Turner als Muster von Schönheit vorstellt und sie mit geschlossenen Augen zwar, aber um so hartnäckiger bewundert. Öffnen wir also die Augen und untersuchen wir einen jungen Mann, der beständig an den Ringen, dem Reck und anderen Geräten der Turnhalle gearbeitet hat.

Was zunächst beim Turner von Beruf auffällt, ist eine übermäßige Entwicklung der Büste und im Verhältnis dazu schwacher Umfang des Unterkörpers. Die Schultern sind enorm, die Hüf-

ten schmal, die Beine dünn. Naturgemäß wäre es, wenn der Körperteil, der die Rolle der Stützen spielen soll, stark muskulös wäre, um dem Rumpf eine feste Unterlage zu gewähren, und als erste Anomalie fällt auf, daß hier umgekehrt der Oberkörper an Masse und Kräftigkeit den Unterkörper übertrifft.

Diese Anomalie erklärt sich leicht, wenn man sich den Mechanismus der Übungen an den Geräten vergegenwärtigt. Diese fordern fast sämtlich eine wahrhafte Umkehr des gewöhnlichen Gebrauchs der Glieder und lassen die Arme die Rolle der Beine spielen. Sie fordern sämtlich, daß die Schultern das Körpergewicht tragen, sei es nun, daß die Arme den Körper unter der Reckstange aufhängen oder ihn über derselben stützen. Bei diesen Übungen müssen die Schultern eine Entwicklung erlangen, die sie in den Stand setzt, die Hüften zu vertreten.

Abgesehen von dem vorbezeichneten Bildungsfehler zeigt der Turner von Beruf eine sehr auffällige Mißbildung: den runden Rücken. Betrachtet man einen Menschen, der sich seit Jahren eifrig mit Übungen am Reck und Barren beschäftigt, von der Seite, so sieht man, daß die Linie vom Nacken bis zum Kreuz eine stark ausgesprochene Wölbung zeigt. Diese Krümmung ist eine Steigerung der natürlichen Krümmung der Wirbelsäule; sie erreicht manchmal das Maß einer tatsächlichen Mißbildung bei Leuten, die sich ausschließlich dem Geräteturnen widmen.

Dies ist nicht alles. Auch die Schultern werden der Sitz einer auffälligen Verunstaltung. Das Schulterblatt hat, da es durch seine Gelenkteile nach vorn gezogen wurde, gleichzeitig eine schwingende Bewegung erduldet, die seine unteren Enden nach hinten hebt und vorspringen läßt. Das Ende des Knochens bekommt nun allmählich einen Vorsprung, ähnlich wie bei abgemagerten Schwindsüchtigen, bei denen man von „flügelförmigen“ Schultern spricht, mit dem Unterschiede freilich, daß diese Knochenvorsprünge beim Turner von starken Muskelschwellungen umgeben sind, während beim kachektischen Individuum die Spitze des Knochens fast die Haut zu durchbohren scheint.

Auf der Vorderseite erscheint die Linie, die das Profil der Brust bildet, abgeplattet und eingedrückt. Ein auffälliger Vor-

sprung zeigt sich in der Gegend der Brustwarzen, aber er wird mehr durch eine übermäßige Entwicklung der Brustmuskeln, als durch eine Erweiterung der Rippen verursacht. Allerdings gewinnt der Brustkasten bei Turnern an Umfang, aber, wie wir sehen werden, vorwiegend bei solchen, welche Beinübungen machen. Bei den Liebhabern des Geräteturnens sind es vor allem die Muskeln der Schultergegend und des Rückens, die sich ausbilden und dann die Brust in transversaler Richtung größer erscheinen lassen. Der Durchmesser von vorn nach hinten wird bei den Subjekten, von denen die Rede ist, gewiß nicht kleiner, er wird sogar vergrößert; aber diese Vergrößerung erstreckt sich nur nach rückwärts infolge der zunehmenden Krümmung des Rückens. Die Brust ist zwar nicht zurückgetreten, sie scheint es aber zu sein infolge des Bestrebens, die Schultern nach vorn zu bringen.

Dies sind die Verunstaltungen, die man gewöhnlich bei unseren Turnern beobachtet, — nicht bei allen, doch bei denjenigen, die sich übermäßig mit der klassischen Turnerei befassen, — wir können sagen: mit der Turnerei alten Stils; denn glücklicherweise macht sich seit einiger Zeit eine Gegenströmung geltend.

Diese Verunstaltungen sind eine Wirkung des Mißbrauchs derjenigen Übungen, die auf Hang oder Stütze des Körpers mit Hilfe der Hände hinauslaufen. Bekanntlich sind dieses die Grundhaltungen beim Turnen am „Gerät".

Wenn der Körper sich bewegt, um aus dem Hang an den Händen zum Stütz auf den Armen überzugehen, so vollzieht er diese Veränderung durch zwei Akte: den Aufschwung und den Umschwung. Beim Aufschwung hängt der Körper zunächst in seiner ganzen Länge an zwei Ringen oder an einer horizontalen Stange: dann wird er durch Kontraktion des Biceps hochgezogen, bis sich die Schultern den Handgelenken nähern. In diesem Augenblicke beginnt die Schwierigkeit: jetzt sollen die Ellenbogen, die tiefer als die Hände sind, sich über dieselben erheben derart, daß der Körper mittels der Handgelenke aus dem Hang in den Stütz übergeht.

Um aus dem Hang in den Stütz zu gelangen, muß der Turner

am Reck sich über die Stange erheben oder der Turner an Ringen muß sich über die gedachte Linie zwischen beiden Ringen hochschwingen. In beiden Fällen muß er zunächst den Schwerpunkt des Körpers hinter diese Linie bringen, um ihn dann über dieselbe hochzuziehen.

Verfolgt man genau die verschiedenen Zeiten dieser Bewegung, so sieht man die Nackenmuskeln sich energisch anspannen in einer Anstrengung, welche den Hals zwischen den Schultern einsenkt. Der ganze Körper zieht sich um diesen Punkt zusammen und die Wirbelsäule krümmt sich energisch, um die Schultern soviel als möglich vor die Stange zu bringen und so die Last der Arme zu erleichtern, während gleichzeitig das Becken sich möglichst hochhebt, um den Schwerpunkt des Körpers hinaufzuziehen, — der Turner bietet uns in diesem Augenblick eine Haltung, die so ungraziös wie nur denkbar ist. Nun aber weiß man, daß der Körper den Einfluß einer oft wiederholten Haltung festzuhalten geneigt ist.

Diese zusammengekrümmte Haltung des Oberkörpers neben übertriebener Biegung der sechs oder acht ersten Rückenwirbel ist für alle Aufschwünge nach vorn charakteristisch. Sie wiederholt sich bei den Umschwüngen, die eine Drehung um die Reckstange oder um die gedachte Linie zwischen zwei Ringen fordern. Alle diese Übungen nötigen zu einer gezwungenen Biegung der Wirbelsäule und zwingen den Turner, einen „runden Rücken" zu machen.

Andere Turnübungen scheinen auf den ersten Blick geeignet zu sein, die ungünstige Wirkung der bislang besprochenen wieder auszugleichen. Wenn Trapez oder Reck die Beugemuskeln der Wirbelsäule arbeiten lassen, so sagt man, daß zwecks Ausgleichs der Barren vorwiegend die Streckmuskeln in Tätigkeit bringe. Dies ist richtig, und gleichwohl sind diese Übungen nicht geeignet, die Krümmung, welche die Wirbelsäule durch Trapezübungen bekommt, wieder zu beseitigen.

In der Tat ist der Barren, wie jedes Gerät, das Stütz des Körpers auf den Händen fordert, lediglich geeignet, die Muskeln der Schultergegend zu stärken derart, daß diese, ohne die Krümmung des Rückens auszugleichen, solche nur noch auffälliger

machen. Wenn das Körpergewicht von den Armen getragen wird, die es wiederum auf die Schultern übertragen, so müssen die umfangreichen Muskeln, die das Schulterblatt, das Schlüsselbein und den Schulterkopf umgeben, sich energisch anspannen, um aus diesen drei Knochen ein solides und widerstandsfähiges Ganzes zu bilden, das imstande ist, die Rolle des Beckens zu übernehmen. Die Muskeln, denen der größte Anteil bei dieser Arbeit des Festmachens einer für gewöhnlich beweglichen Körpergegend zufällt, sind die Brustmuskeln; denn sie haben die Rolle, das Schultergelenk nach vorn und einwärts zu ziehen.

Bei einem Menschen, der zwischen zwei Parallelbarren sich im gestreckten Armstütz fortbewegt, indem er so das ganze Gewicht seines Rumpfes schleppt, kann man leicht bemerken, wie die Linie von einer Schulter zur anderen unverhältnismäßig nach vorne vorspringt im Vergleich mit derjenigen, die eine militärische Haltung bedingt. Die gewaltsame Anspannung der Brustmuskeln während der Dauer der Stützung durch die Arme gibt den Gelenkteilen des Schulterblattes diese Richtung nach vorn. Mehr noch, da die Entfernung der Barren voneinander allemal die Schulterbreite übertrifft, so müssen die Arme vom Körper entfernt werden, und der Stoß, den sie den Schultergelenken geben, wirkt gleichzeitig von unten nach oben und von außen nach innen. Mit anderen Worten: der Parallelbarren hat die Wirkung bei einer Übung die Schultern einzuziehen, sie zu heben und nach vorn zu bringen.

Wir brauchen hier nicht mehr auf das physiologische Gesetz einzugehen, das eine oft wiederholte Haltung zu fixieren strebt. Erinnern wir uns nur, daß ein oft mit großer Anstrengung kontrahierter Muskel sich schließlich zu verkürzen strebt und die beiden Ansatzpunkte einander näher bringt. Somit wird der musculus pectoralis schließlich seinen beweglichen Anknüpfungspunkt, den Schulteransatz, dem festeren Ansatzpunkt, der Brustgegend näherbringen oder mit anderen Worten die Schultern nach vorn und einwärts drehen.

Endlich wird der Stoß des Schultermuskels von außen nach innen seinen Eindruck auf die Gestalt des Turners in Form einer Verkrümmung des Schlüsselbeins hinterlassen, dessen Länge

verkürzt wird, indem die Tiefe und die Richtung der Gelenkhöhlen modifiziert wird.

Also bestätigt die Analyse der Bewegungen, was schon der erste Eindruck ergibt: das Geräteturnen verunstaltet jeden, der sich übermäßig darauf einläßt. Es hat die Tendenz, den Körper zusammenzudrücken und ihm eine krumme Haltung zu erteilen: 1. indem es die Schulter- und Rückenmuskeln unverhältnismäßig verstärkt; 2. indem es die Krümmung der Wirbelsäule in der Gegend der sieben oder acht ersten Rückgratwirbel steigert.

Es strebt ferner zwar nicht die wirkliche Größe des Brustkastens zu verringern, wohl aber der Brust ein eingezogenes Aussehen zu verschaffen, da es die Schulterhaltung nach vorn, einwärts und aufwärts richtet.

Diese Auseinandersetzung dürfte vielleicht besser als eine lange Rede beweisen, daß das Geräteturnen unmöglich als Regenerator schöner Körperformen anzusehen ist. Gleichwohl wird man wohl noch lange mit religiöser Ehrfurcht an den antiphysiologischen Traditionen über den Wert des Geräteturnens, das wir (in Frankreich) dem Oberst Amoros[1] zu verdanken haben, festhalten.

II

Das Turnen am Gerät ist nicht die einzige Übung, die zu Mißbildungen führen kann. Ein anderer, heutzutage sehr beliebter Sport, das *Fechten*, führt ebenfalls zu sehr charakteristischen Verunstaltungen.

Wir haben über diesen Gegenstand eine Reihe von Beobachtungen gesammelt, die wir im Jahre 1886 in der medizinischen Gesellschaft zu Limoges vorgetragen haben, und deren Folgerungen den bislang in der Wissenschaft geltenden Annahmen diametral entgegengesetzt sind. Wir werden diese unsere Beobachtungen und unsere physiologische Erklärung dafür auch an dieser Stelle mitteilen.

Alle Personen, die viel gefochten haben, weisen in mehr oder

[1] In Deutschland ist es der „Turnvater“ Jahn, dem man die Pedanterie des Geräteturnens verdankt.

weniger ausgesprochenem Grade Spuren einer seitlichen Verkrümmung der Wirbelsäule auf. Was die Richtung dieser Verkrümmung, dieser Skoliose betrifft, so zeigen die Rechtser eine Neigung zur Skoliose mit Ausbiegung rechts, die Linkser mit Ausbiegung links. Diese Abweichungen treten natürlich in sehr ungleichem Maße auf. Kaum merklich in bestimmten Fällen, können sie gelegentlich einen tatsächlich auffälligen Fehler in der Haltung bedingen. Wir brauchen kaum zu bemerken, daß die solide gefestigte Wirbelsäule eines erwachsenen und kräftig gebauten Mannes, der von Zeit zu Zeit sich im Fechten übt, vollkommen widerstandsfähig bleibt und keine üble Krümmung bekommt, während man bei einem Menschen, der an Rachitis und Knochenweichheit gelitten hat, zumal wenn er schon in jungen Jahren Fechten gelernt und bis zum Mannesalter es weitergeübt hat, diese Verbildung oft bis zum äußersten entwickelt sieht. Zwischen diesen beiden Extremen gibt es viele Zwischenstufen; aber wir müssen zugeben, daß in der Regel eine methodische Untersuchung erforderlich wird, um die Verbildung festzustellen.

Diese Mißbildung bleibt, selbst wenn sie sehr ausgesprochen ist, für den oberflächlichen Anblick meistens unmerklich. Die Waffenübung erzieht eben mehr als jede andere Übung zu einer gewissen Gewandtheit und Präzision der Bewegungen; sie verleiht eine gewisse Geschmeidigkeit und Leichtigkeit des Auftretens und der Haltung, wodurch die leichte Abweichung, die der Wuchs erlitten hat, einigermaßen verdeckt wird.

Bei genauer Untersuchung findet man jedoch bei den fleißigen Besuchern der Fechtsäle die charakteristischen Zeichen der Skoliose. Zu diesen Kennzeichen gehört eins, das alle Ärzte zuerst prüfen werden, weil es die größte Beweiskraft hat, nämlich die Abweichung der durch Dornfortsätze der Rückenwirbel gebildeten Linie. Allein dieses Zeichen läßt sich bei Skoliosen infolge von Fechten nur selten feststellen, da eben das Fechten gewöhnlich nur leichte Verbildungen verursacht und jenes Symptom nur in den schlimmsten Fällen zutage tritt. Wir haben es jedoch gelegentlich bei einem jungen Manne von 16 Jahren, aber von schwachem Körperbau, beobachtet, der sich über-

mäßig im Fechten übte und sein Temperament auf Kosten der geraden Haltung seiner Wirbelsäule stählte.

Es gibt andere Zeichen der Verbiegung, die man häufig bei Gewohnheitsfechtern beobachten kann. Eins der gewöhnlichsten ist eine Vertiefung der Schulter. Unsere Beobachtungen in dieser Hinsicht stehen in direktem Gegensatz zu der von Schriftstellern über Fechtkunst vertretenen Ansicht.

In einer Arbeit von Bouvier und Boulland (Dict. de médec. et de chir. prat. art. „Rachis") kann man lesen: „Das Fechten kann zur Heilung einer beginnenden Skoliose dienen, da es die Schultern auf der Seite, wo es ausgeübt wird, hebt." Dieser Satz enthält einen groben Irrtum, der schwere praktische Folgen haben kann. Angesichts einer so autoritativen Ansicht glauben wir unsere entgegengesetzte Überzeugung auf die Beobachtung von Tatsachen und auf das vernünftige Studium der verschiedenen Bewegungen beim Fechten begründen zu dürfen.

Unsere Beobachtungen erstrecken sich auf einige zwanzig geübte Fechter, unter welchen sich acht Fechtmeister und drei Linkser befanden. Zunächst ist zu bemerken, daß die an Linksern angestellte Untersuchung regelmäßig geradezu umgekehrte Ergebnisse hatte, als die bei Rechtsern, was eine schlüssige Gegenprobe bildet. In den beobachteten Fällen war die Senkung derjenigen Schulter, die arbeitete, dermaßen häufig, daß sie geradezu ein professionelles Kennzeichen für den Fechtmeister darstellt.

Um den Grad dieser Vertiefung zu messen, genügt es, den zu untersuchenden Fechter sich an die Wand stellen zu lassen und dann mit einem Lineal die Höhe zwischen der Schulterecke und dem Acromion abzutragen. Man markiert den Berührungspunkt rechts und links mit einem Kreidestrich, und der Unterschied im Niveau dieser Striche gibt die vergleichsweise Höhe jeder Schulter an. Wir brauchen kaum daran zu erinnern, daß man vor dieser Messung natürlich darauf achten muß, daß der Mann seine Hüften richtig einstellt und daß nicht etwa der Unterschied im Niveau der Schultern durch ungleiche Länge der unteren Gliedmaßen verursacht wird. Wir haben bei solchen Messungen an sonst wohlgewachsenen und kräftigen Individuen Vertiefungen einer Schulter bis zu $2^1/_2$ cm konstatiert.

Oft springt diese Verbildung sofort in die Augen. Wir haben Fechter im Fechtwams gesehen, deren Fechtwams in der Gegend der rechten Brustmuskeln eine große Falte bildete, während der Stoff auf der linken Seite glatt und anschmiegend geblieben war: ein Beweis dafür, daß die rechte Seite des Rumpfes kürzer war als die andere infolge Vertiefung der Schulter, die sich der Hüfte genähert hatte.

Zum Schluß noch ein anderes Zeichen von Skoliose der Rückenwirbel, das wir selten fehlen sahen: eine Abplattung einer der Brustrippen, der eine Wölbung des entsprechenden Teils der entgegengesetzten Seite entspricht.

Bei Rechtsern zeigt sich diese Abplattung auf der äußeren rechten Seite des Brustkastens, und die Wölbung findet sich dann auf der äußeren linken Seite: bei Linksern ist es umgekehrt. Die Wölbung wird durch einen größeren Vorsprung des Bogens der durch die Krümmung auf der Seite der Verbiegung nach außen gedrängten Rippen verursacht; gewöhnlich ist sie mit einer Erweiterung der Zwischenräume zwischen den Rippen verknüpft. Auf der entgegengesetzten Seite zeigen dann die Rippen eine Einsenkung, da sie durch die Wirbelsäule, an der sie befestigt sind und die hier eine Ausbuchtung erhalten hat, angezogen werden. In sehr entwickelten Fällen zeigt sich statt der Abplattung geradezu eine Einbuchtung auf der Seite, wo die Hand den Degen führt. Aber auch in leichten Fällen ist der Unterschied genügend merklich, um eine stärkere Wattierung des Fechtwamses auf der rechten Seite zu bedingen. Viele Schneider kennen diese übrigens unbedeutende Einzelheit.

Es ist möglich, diese Tendenz zum Verbilden der Brustwandung auch zum Vorteil des Fechters auszunutzen, wenn es sich darum handelt, eine entgegengesetzte Mißbildung zu beseitigen. Einer der besten Fechter in der Garnison Limoges, Linkser, wurde vor mehreren Jahren von einer Pleuresie auf der rechten Seite befallen. Er behielt infolge dieser Krankheit eine Senkung auf der rechten Seite, da die Pleuresie wie gewöhnlich einen Rückgang der Brustwandung nach sich zog. Da er jedoch seitdem viel mit dem linken Arm beim Fechten arbei-

tete, so gelang es ihm, diesen Bildungsfehler der rechten Seite wieder zu heilen, und dieselbe zeigt jetzt statt der Vertiefung sogar eine leichte Wölbung.

Somit führt das Fechten, wenn es immer mit derselben Hand geübt wird, zu einer Verkrümmung der Wirbelsäule, deren Ausbuchtung der Seite entspricht, die das Florett handhabt. Diese Verkrümmung ist eine seitliche, eine „Skoliose". Zerlegt man die Bewegungen beim Fechten, so sieht man, daß sie sämtlich in jeder Phase des Waffengangs darauf hinauslaufen, dem Körper die schließlich zu der fehlerhaften Krümmung führende Haltung zu geben. Ein vollständiges Bild dieser Bewegungen liefert der schulmäßige „Gang". Alle Phasen dieses Ganges lassen sich auf drei Stellungen zurückführen: die Auslage, den Ausfall, die Parade. Der Nachstoß verdient keiner besonderen Erwähnung, da er nur einen einer Parade nachfolgenden wiederholten Stoß bzw. Ausfall darstellt.

Bei der Auslage hebt der Rechtsfechter die linke Schulter, um die Hand höher als den Kopf zu bringen; er senkt dagegen die rechte Schulter, um den Degengriff in der Höhe der rechten Brusthälfte zu halten. Das Antlitz richtet sich dem Gegner zu, indes der Körper, um sich keine Blöße zu geben, ihm nur die Seitenpartie zuwendet. Wenn somit der Fechter sich beugt, krümmt sich sein Körper nicht nach vorwärts, sondern seitwärts, nach der Seite des Gegners und folglich nach der Seite der Hand, die den Degen führt. Man biegt sich allen akademischen Prinzipien zum Trotz, und zwei Fechtmeister, die einen Gang machen, biegen sich nicht weniger als ihre Schüler. Man bückt sich um so mehr, je aufmerksamer man den Gegner belauert, um den Augenblick zum Stoß zu ergattern. Man bückt sich dann, wie ein Raubtier vor dem Ansprung, um, wie der klassische Ausdruck lautet, möglichst „à fond" auszufallen. In diesem Zeitpunkte muß die Wirbelsäule infolge der gezwungenen Haltung sich nicht wenig anstrengen und auf die Seite neigen.

Erfolgt nun der Angriff, d. h. wenn der Fechter den „Ausfall" macht, so schnellt der Rumpf heftig nach der Seite des Gegners, um diesen zu erreichen. Bei dieser seitlichen Bewegung gleicht

die Wirbelsäule einem Hebelarm, dessen Endpunkt mit dem Gewichte des Kopfes und der Schultern belastet ist, und auf den nun die Erschütterung der biegenden Bewegung einwirkt, welche die seitlichen Teile der Wirbel zusammenpreßt (auf der rechten Seite bei Rechtsern, auf der linken bei Linksern). Diese Pressung, die stets dieselben Punkte trifft, muß bei häufiger Wiederholung die Ernährung des Wirbels beeinträchtigen. Ist dieser nicht sehr widerstandsfähig, so erleidet er eine Schwächung der Knochensubstanz in derjenigen Hälfte, welche die stärkste Pressung erfährt, während die andere Hälfte ihre normale Stärke bewahrt. Die aus den ineinandergeschalteten Wirbeln gebildete Wirbelsäule folgt in ihrer Gesamtheit dieser schwächenden Bewegung und wird schließlich verkrümmt.

Bei der *Parade* ist der Rumpf nicht tätig, nur Vorderarm und Handgelenk treten ins Spiel; aber der Fechter behält doch die seitlich gebückte Haltung, die wir bei der Auslage geschildert haben; denn der Rumpf muß stets parat sein, unmittelbar einen Nachstoß zu machen.

Somit müht sich der Körper in allen Phasen des Fechtganges in einer Stellung ab, die den Rumpf zwingt, sich beständig nach der Seite zu neigen, die das Florett hält. Die Wirbelsäule kann demnach einem Bogen verglichen werden, der angespannt und losgelassen wird, indem er eine Krümmung bildet, deren Konkavität der Hand entspricht, die arbeitet. Wie kann einer sich, wenn diese Krümmung oft und anhaltend wiederholt wird, darüber wundern, daß sie in der Körperform eine Spur zurückläßt? Unsere Erörterung steht somit in Einklang mit den Tatsachen und führt zu folgenden Schlüssen:

Will man das Fechten als Heilmittel für einen schwachen Patienten anwenden, in einem Alter, wo Verbiegungen der Wirbelsäule zu besorgen sind, so muß man darauf bestehen, daß beide Arme gleichmäßig geübt werden, nicht nur, um eine ungleichmäßige Entwicklung der Muskeln jeder Körperseite zu vermeiden (worauf man bis dahin allein Wert legte), sondern auch überhaupt, um eine Verkrümmung des Wuchses zu verhüten. Verwendet man die Waffenübung zu einem orthopädischen Zwecke, etwa um eine Skoliose zu beseitigen, so hüte man

sich, wie dies bislang empfohlen wurde, diejenige Seite zu üben, die der Konkavität der Krümmung entspricht; genau das Gegenteil ist zu verordnen. Handelt es sich darum, eine Schulter, die nach rechts neigt, zu heben, so lasse man das Florett in die linke Hand nehmen, und umgekehrt.

Wir wollen diese Erörterung nicht abschließen, ohne noch ein Wort über eine in Fechtsälen sehr gebräuchliche Praxis zu verlieren, die unter dem Vorgeben, die Nachteile des Fechtens zu verhüten, solche geradezu vergrößert. In der Absicht, diejenige Körperseite anzustrengen, die nicht gearbeitet hat, sieht man Fechter nach einigen mit der rechten Hand ausgeführten Gängen methodisch Hanteln mit der linken Hand stemmen, ohne daß sie sich über den durchaus verschiedenen Erfolg dieser beiden Arten von Übung Rechenschaft geben. Die Übung mit Hanteln hebt im Gegensatz zum Fechten gerade diejenige Schulter, die sich ihr widmet. In der Tat muß sich jetzt der Körper durch eine ausgleichende Bewegung, die beim Fechten nicht stattfindet, um das Gleichgewicht zu erhalten, nach rechts beugen und so gerade diejenige Haltung annehmen, die man bekämpfen wollte.

Es gibt nur *ein* Mittel die Verkrümmung zu verhüten, die das Fechten mit einer Hand nach sich ziehen kann: nämlich, daß man abwechselnd rechts und links ficht.

Auch das *Reiten* kann unter diejenigen Übungen gerechnet werden, die verunstalten, aber die Mißbildungen, die es verursacht, hängen von der verschiedenen Art und Weise des Reitens ab.

Bei allen berufsmäßigen Reitern stellt sich eine leichte Krümmung der unteren Gliedmaßen ein, die um so deutlicher ist, je biegsamer noch die Knochen in der Zeit waren, als die Übung begann. Die Gliedmaßen, die sich bemühen, das Pferd sozusagen einzuschrauben, suchen eine konkave Form anzunehmen. Indem sie sich sozusagen um den Leib des Pferdes schmiegen, nehmen die Beine und Schenkel des Reiters eine gebogene Form an.

Eine andere Verbildung ist bei den Leuten bemerkbar, die ausschließlich auf Wettrennen trainiert werden, der krumme

Rücken. Der Jockei beugt sich vornüber, um die Hinterhand des Pferdes möglichst zu erleichtern. Aber abgesehen von dieser Haltung, welche die Wirbelsäule krümmt, unterwirft er sich noch einer anderen Ursache der Verunstaltung. Die Arme müssen dem Pferdemaul einen Stützpunkt bieten und tragen somit ein Gewicht, das oftmals 40 kg überschreitet. Um diese Zugkraft zu halten, biegt sich der Rennreiter in den Steigbügeln und den Knien. Sein Körper ist demnach der Wirkung von zwei Kräften ausgesetzt, die beide Enden des durch die Wirbelsäule gebildeten Bogens einander zu nähern bestrebt sind und folglich seine Krümmung noch steigern.

Das Reiten in der Bahn und im Gelände oder auf der Reise geschieht nicht nach derselben Methode, wie das Rennreiten, hat vielmehr die Tendenz, dem Körper eine vollkommene Gleichgewichtshaltung und somit eine vollkommene senkrechte Richtung anzugewöhnen. Der Reiter muß die für einen festen Sitz günstigste Haltung wahren, d. h. er darf sich weder nach rechts noch nach links, weder zu sehr nach vorn noch nach hinten neigen, und es ist ihm verboten, seinen Sitz auf den Hinterbacken zu nehmen. Seine Wirbelsäule muß immer bereit sein als Balancierstange bei seitlichen oder nach vorn oder nach hinten wirkenden Bewegungen des Pferdekörpers zu dienen, und deshalb müssen sich die Wirbel unter sich in großer Beweglichkeit erhalten. Die Stücke, welche die Wirbelsäule zusammensetzen, dürfen keine übermäßige Pressung erleiden: jegliche Steifung der Lenden und des Rückens ist zu vermeiden bei Strafe das richtige Reitergefühl zu verlieren.

Die Beobachtung zeigt uns daher eine große Verschiedenheit zwischen der Figur eines Reiters und eines Rennreiters aus dem Gesichtspunkt der Formschönheit. Alte Jockeis sind meistens in sich zusammengezogen, haben hohe Schultern und krumme Rücken. Unsere Kavallerieoffiziere dagegen bewahren sich bis ins vorgerückteste Alter eine bemerkenswerte Eleganz der Haltung.

Unmöglich können wir alle Übungen, die verunstalten, eingehend erörtern. Die bisher angeführten Beispiele genügen jedoch, um die Methode klarzustellen, die man bei richtiger Ein-

schätzung des Einflusses der Arbeit auf die Körpergestalt zu befolgen hat.

Wir können allgemein behaupten, daß eine Übung allemal dann eine mehr oder weniger ausgesprochene Mißbildung der Gestalt zur Folge haben kann, wenn sie sich unter folgenden Bedingungen vollzieht:

1. Konzentration der Muskelanstrengung auf eine sehr begrenzte Körpergegend, ohne daß die anderen Körperteile an der Arbeit teilnehmen.
2. Notwendigkeit, während der Übung eine Haltung anzunehmen und zu wahren, welche von normaler Richtung der Körperachse abweicht.
3. Häufige und anhaltende Ausführung von Bewegungen, die dem Menschen nicht natürlich sind und denen seine Gestalt nicht angepaßt ist.

V. ÜBUNGEN, DIE NICHT VERUNSTALTEN

Die besten Turnübungen · Freiübungen · Eine zu wenig angesehene Übung: das französische Boxen · Gleichmäßige Verteilung der Arbeit bei dieser Übung, Notwendigkeit vollkommenen Gleichgewichts; Kühnheit der Bewegungen · Der Stoß mit Wendung · Schwimmen und Klettern · Zwei Arten des Rudersports. Rudern und Paddeln · Vorzug des Ruderns · Einruder und Zweiruder · Allgemeine Bedingungen der Übungen, die nicht verunstalten · Natürliche Tendenz des Körpers zur regelmäßigen Entwicklung · Die Übung darf dieser Tendenz nicht widerstreben · Geschmeidigkeit, eine Bedingung eleganter Haltung. Vorzüge der Präzisionsübungen vor den Kraftübungen · Seiltänzerei, Jonglieren und Equilibrieren · Die Gewohnheit Lasten auf dem Kopfe zu tragen · Die Frauen von Teneriffa.

Die Schlüsse, die wir im vorhergehenden Kapitel gezogen haben, können als Leitgrundsätze dienen, um die Bedingungen zu finden, unter denen eine Übung ausgeführt werden muß, wenn die regelrechte Körpergestalt gewahrt werden soll.

Die Übungen, welche den Körper verunstalten, sind in erster Linie solche, die nicht alle seine Teile gleichmäßig arbeiten lassen. Ist man vor allem darauf bedacht, die Regelmäßigkeit seiner Gestalt zu bewahren, so muß man eine Form der Gymnastik wählen, bei der sämtliche Körperteile zu einer ihrer Muskelkraft angepaßten regelmäßigen Arbeit genötigt werden.

In der Turnhalle werden als *Freiübungen* diejenigen Übungen bezeichnet, die im Stehen verrichtet werden und aus einer Reihenfolge von Beugungen, Streckungen usw. der Beine, der Arme, des Rumpfes und Halses zusammengestellt sind. Offenbar sind diese Übungen vom ästhetischen Standpunkte aus die vorteilhaftesten. Jedes Glied vollzieht hier eine seiner Muskelkraft entsprechende Arbeit, da es nur sein eigenes Gewicht zu bewegen hat. Mehr noch, die antagonistischen Muskeln können bei ihren Anspannungen ein vollkommenes Gleichmaß

wahren, das ein Übergewicht der Streckmuskeln über die Beugemuskeln oder umgekehrt vermeidet und folglich die Knochen nicht in eine sie dauernd aus der Norm bringende Richtung versetzt. Da endlich während dieser Übungen der Körper stets auf den Beinen bleibt, so kann die Wirbelsäule in keinem Augenblicke eine fehlerhafte Haltung annehmen, um ein ungewöhnliches Gleichgewicht zu erlangen.

Diese Übungen würden also die besten von allen sein, wenn sie nur für den, der sie ausführt, ein wenig interessanter zu gestalten wären. Aber sie haben wenig Zugkraft, weil sie im Schüler jegliche Initiative unterdrücken und lediglich auf gehorsame Aufmerksamkeit und genaue Befolgung eines Kommandos hinauslaufen.

Glücklicherweise aber bietet das Repertoir der Turnhalle eine andere Übung, die mit der Regelmäßigkeit ihrer Kraftausgabe eine besondere Anziehungskraft verknüpft, da sie einen Kampf der Gewandtheit, Geistesgegenwart und Aufmerksamkeit einschließt: unser *französisches Boxen*. Diese Übung wird in einer Reihenfolge von Unterrichtsstunden erlernt, deren jede abwechselnd die rechte und die linke Körperhälfte in Anspruch nimmt. Auf diese Weise wiederholen der rechte Arm und das rechte Bein, wenn die Rolle an sie kommt, ganz genau alle Bewegungen, welche das linke Bein und der rechte Arm gemacht haben. Das französische Boxen, das ebenso den Fußtritt wie den Faustschlag lehrt, fordert in jedem Augenblicke Stellungen von großer Kühnheit. Handelt es sich z. B. darum, einen Fußtritt in Höhe des Gesichts anzubringen, so muß sich der Rumpf stark zur Seite biegen, um die Verrückung des Schwerpunktes aufzuwiegen, und diese Stellung würde sehr fehlerhaft sein, wenn sie sich stets in derselben Richtung wiederholte. Aber kaum hat der rechte Fuß, der den Tritt versetzt hat, wieder Stand auf dem Boden gefaßt, so muß der linke Fuß an seiner Stelle gehoben werden und den Angriff wiederholen, sei es direkt nach vorn, sei es mit dem als Kreisel bezeichneten Fußtritt unter einer Drehung. Mit einer Schnelligkeit, die den Zuschauer zum Erstaunen zwingt, muß der Körper beim Wechsel des Standes von einem Beine zum andern ein genügend festes Gleichgewicht finden,

um den Fuß in eine bestimmte Richtung zu schnellen, und zwar mit einer Kraft, die oft einige 50 kg übertrifft. Um den Schwerpunkt mit so erstaunlicher Leichtigkeit zu verändern, muß die Wirbelsäule, die als Balancierstange dient, sich in allen ihren Teilstücken eine vollendete Beweglichkeit wahren. Die Zwischengelenke der Wirbel müssen sehr ausgedehnte Bewegungen gestatten, wie solche weder mit einer Verkürzung der Wirbelmuskeln noch einer Krümmung der zwischen ihnen befindlichen, Wirbel noch endlich mit einer fehlerhaften Richtung ihrer Gelenkflächen vereinbar sind. Und letzteres sind ja die drei Hauptursachen der Mißbildung des Wuchses.

Das *französische Boxen* oder sog. Chausson ist also, wenn man den Körper eines Knaben regelmäßig entwickeln und gegen eine fehlerhafte Haltung sichern will, dem Fechten entschieden vorzuziehen.

Das *Schwimmen* fordert ebenso wie das Boxen eine regelmäßige Tätigkeit aller Muskeln. Der Körper muß bei dieser Übung mittels einer Bewegung, die in den Beinen beginnt, sich dann auf die Hüften und Wirbelsäule und die oberen Gliedmaßen fortpflanzt, regelmäßig fortstreben.

Das *Klettern* hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Schwimmen. Bei der einen wie bei der anderen Übung vollzieht sich die Vorwärtsbewegung durch abwechselnde Biegungen und Streckungen des Körpers und der Glieder. Auf den ersten Blick scheint zwischen beiden Übungen der Unterschied der Richtung das einzige Unterscheidende zu sein, da sich die Schwimmbewegung horizontal, die Kletterbewegung von unten nach oben vollzieht. Allein, aus dem Gesichtspunkte des Mechanismus ergibt sich doch eine wesentliche Verschiedenheit: beim Schwimmen bewegen sich die Arme und die Schultern in derselben Ebene, beim Klettern werden die Arme vor die Brust gebracht, und ihre Bewegung mit festgelegten Händen strebt die Schultern nach oben, nach vorn und einwärts zu ziehen.

Wir haben keine Gelegenheit gehabt, jene berufsmäßigen Kletterer zu beobachten, welche in Staatsforsten ihren Lebensunterhalt damit gewinnen, daß sie die höchsten Bäume erklettern, um die Äste auszusägen. Aber nach der Art der von ihnen ge-

leisteten Arbeit ist anzunehmen, daß ihre Schulterhaltung denjenigen von Turnern ähnlich wird, die zuviel am Reck turnen. Die Schwimmer dagegen sind durch ihre Übung keiner einzigen Ursache der Verunstaltung ausgesetzt und zeigen uns daher regelmäßig eine gute Körperhaltung.

Es gibt gewisse Übungen, die auf den ersten Blick sich in einer begrenzten Muskelgruppe zu lokalisieren scheinen, die aber sobald man sie aufmerksamer prüft, gleichwohl den ganzen Körper in Anspruch nehmen. So z. B. arbeitet ein Mensch, der eine schwere Glocke läutet, nicht nur mit den Händen, die das Glockenseil gefaßt haben, sondern auch mit den Armen, die sich biegen, mit dem Rumpf, der sich krümmt, ja sogar mit den Füßen, die sich spannen, um festeren Halt auf dem Boden zu nehmen.

Der *Rudersport* gilt allgemein als Entwickler des Biceps, und man verzeichnet ihn gemeiniglich unter den Armübungen. Allein mit Unrecht; denn die Arbeit des Ruderns ist weit davon entfernt, sich auf die oberen Gliedmaßen zu beschränken.

Die Muskelarbeit, die das Boot vorwärts bringt, vollzieht sich zum großen Teil in den Streckmuskeln der Wirbelsäule. Der Ruderer zieht vor allem mit dem Rücken. Mehr noch, wenn das Boot mit ganzer Geschwindigkeit dahinfahren soll, wie beim Wettfahren der Regatten, so müssen die Beine ebenso stark eingesetzt werden, wie die Arme.

Der Verfasser selbst unterliegt, während er diese Sätze niederschreibt, einer Muskelsteifigkeit, die er sich durch Wiederaufnahme des ein Jahr lang vernachlässigten Rudersports zugezogen hat. Die Armmuskeln sind nur von einer unbedeutenden Empfindung des Mißbehagens berührt, sein Rücken dagegen und seine Hüften bilden den Sitz eines tatsächlichen Schmerzes, ein Beweis, daß sie kräftig gearbeitet haben.

Man macht beim Rudersport einen Unterschied zwischen eigentlichem Rudern und Paddeln. Um zu paddeln, nimmt der Bootsmann einen festen Halt auf dem Sitz, und seine Beine wirken jetzt nicht mit; sie bleiben untätig und meistens lang ausgestreckt im Bootsraum. Der Rumpf nimmt nicht durch abwechselnde Beugung und Streckung, sondern nur durch seit-

liche Wendungen, bald nach rechts, bald nach links, an der Arbeit teil. Außerdem lehnt sich der Paddler, wenn er selbst die stärkste Anstrengung macht, nicht nach rückwärts in der Ruderer, sondern bückt sich nach vorn.

Diese Haltung ist durch die Notwendigkeit bedingt, der Rumpfbewegung die umgekehrte Richtung zu geben, wie sie der durch die Bootsbewegung erzeugte Wasserstrom nimmt. Um zu paddeln, muß man das Wasser von vorn nach hinten bringen, während man beim Rudern es von hinten nach vorn drückt. Beobachtet man eine Regatta und vergleicht die Teilnehmer, die paarweise rudern, mit denen, die einen sog. Seelenkäufer einzeln fahren, so fällt einem dieser Unterschied der Haltung sofort auf. Gewiß macht die Bewegung des sog. Eskimo einen sehr anmutigen Eindruck. Der Körper schwingt regelmäßig von rechts nach links, und der Kopf biegt sich bei jedem Schlage umgekehrt wie der Rumpf, mittels einer Reihe von seitlichen Biegungen der Halswirbel. Diese beiden entgegengesetzten sich ausgleichenden Tätigkeiten ergeben eine geradezu wellenförmige Bewegung, die in Harmonie mit dem raschen Fortgleiten des flotten Kanoes ein anmutiges Bild gewährt.

Aber der Rücken des Paddlers krümmt sich wie beim Jockei, und seine Beine bleiben regungslos. Daraus ergibt sich nach unserem Dafürhalten eine Minderwertigkeit des Paddelbootes vom Standpunkte der Hygiene; es läßt die unteren Gliedmaßen in vollständiger Untätigkeit und strebt die Schultern zu wölben.

Beim eigentlichen Rudern neigt sich der Sportsmann ebenfalls nach vorn, wenn er das Ruder nach hinten bringt; aber dieser Zeitpunkt der Übung fordert keine besondere Anstrengung und übt keinerlei Druck auf die Wirbel aus. Der eigentliche Akt der Anspannung, der den Fortschritt des Bootes bewirkt, vollzieht sich durch eine Zurücklehnung des Körpers; in diesem Moment bleibt der Kopf gerade und hoch, und wenn die Bewegung mit Kraft vollzogen wird, richtet sich das Antlitz sogar nach oben. Die wahrhaft wirksame Bewegung des Ruderers besteht in einer Streckung der Wirbelsäule. Keine Bewegung dürfte geeigneter sein, als diese, um eine gekrümmte Wirbelsäule wieder gerade zu richten.

Es scheint mir noch wichtig zu sein, auf folgenden Unterschied des Ruderns mit einem Ruder oder mit zweien hinzuweisen. Beim Rudern mit einem Ruder arbeitet man mit beiden Händen und ist genötigt, sich nach der Seite zu neigen, wo man das Wasser angreift. Beim Doppelruder arbeitet jede Hand gleichmäßig und systematisch. Es versteht sich von selbst, daß das Rudern mit zwei Rudern den Vorzug vor dem mit einem verdient.

II

Wir können unmöglich sämtliche Übungen, welche eine regelmäßige Körperentwicklung befördern, durchmustern. Wir müssen uns begnügen, einige Punkte hervorzuheben, die man nicht aus den Augen verlieren darf, wenn man den Einfluß der Bewegungen auf die Körpergestalt einschätzt.

Zunächst hat der Körper, wenn er sich selbst überlassen bleibt, wenn er keinem besonderen zur Verunstaltung führenden Einfluß ausgesetzt wird, die natürliche Tendenz, sich in regelmäßiger Richtung zu entwickeln. Die Ursachen, die zu Abweichungen führen, können einen innerlichen Ursprung haben, beispielsweise aus krankhaften Anlagen der Knochensubstanz oder der Gelenke, aus Verkümmerung von Sehnen oder Muskeln, aus Lähmungen entspringen. Aber die am häufigsten auftretenden Mißbildungen sind auf äußerliche Ursachen zurückführbar, z. B. auf Druck und Erschütterung bei Arbeiten und Angewöhnungen, die eine fehlerhafte Haltung bedingen. Unter den äußerlichen Ursachen körperlicher Mißbildung spielen nun zweifellos schlecht gewählte oder übertriebene Übungen eine erhebliche Rolle.

Die Wirbelsäule ist die Achse des Körpers. Wenn ihre Richtung normal ist, so ist die Gestalt gerade und die Haltung elegant. Die meisten Abweichungen der Wirbelsäule beginnen auf der Grundlage einer falschen Muskelspannung bei überwiegender Tätigkeit der Muskeln in einer bestimmten Richtung, der eine Tätigkeit im umgekehrten Sinne kein Gegengewicht bietet. Die Muskelübung strebt nicht nur die Muskeln, sondern auch die Knochen auszubilden: um den ästhetischen Zweck zu er-

reichen, genügt es, für eine regelmäßige Ausbildung zu sorgen, so daß keine Körpergegend ein übermäßiges Volumen erhält, wodurch die Harmonie der Formen beeinträchtigt würde, und kein Teil des Skeletts eine fehlerhafte Richtung bekommt.

Manchmal treffen körperliche Mißbildungen auch mit dem Mangel jeglicher Leibesübung zusammen, aber dann ist fast immer eine nachlässige und fehlerhafte Haltung die Ursache, wie man solche vielfach an Personen von sitzender Lebensweise beobachten kann. Der vom Morgen bis zum Abend die Schulbank drückende Schüler, die ganze Tage in ihre Werkstatt gebannte Arbeiterin zeigen oftmals Verwachsungen; aber die wahre Ursache der bei Schülern so häufig vorkommenden seitlichen Verkrümmung ist die gebückte Haltung beim Schreiben; ebenso ist die bei Näherinnen so häufige Buckelbildung eine Folge der gebückten Haltung bei ihrer Nadelarbeit.

Gewisse Mißbildungen des Wuchses haben ihre Ursache im Mangel an Leibesübung selbst, in übermäßiger Unbeweglichkeit des Patienten und daraus entspringender Muskelschwäche. Die Wirbel, die einer über dem anderen beweglich sind, verlieren bei solchen Leuten die Widerstandskraft eines festen und homogenen Stammes, da sie nicht mehr durch die sie umgebenden Muskeln aneinander gepreßt und in engem Kontakt erhalten werden. Werden die Muskeln zu schwach, so bewirkt das Gewicht der Schultern und des Kopfes, daß die Wirbelknochen sich verschieben und der Richtung nachgeben, wohin die Schwerkraft den Körper zieht, d. h. nach vorn.

Wenn die Muskelkraft ganz ausgeschaltet ist, beim Leichnam z. B., kann man die Tendenz des Vornüberfallens konstatieren; wird ein toter Mensch in der Gegend des Gürtels gehalten und aufrecht gestellt, so sieht man sofort den Kopf auf die Brust fallen, die Schultern sich nach vorn senken und den Rücken mit übermäßiger Biegung der Wirbelsäule sich krümmen.

Diese nach vorn geneigte Haltung bei vollständigem Ausschalten der Muskeltätigkeit ist nichts als eine Übertreibung derjenigen Körperhaltung, die alle Menschen von schwacher und durch Untätigkeit atrophisch gewordener Muskulatur darbieten. Bei diesen Menschen ist die Wölbung des Rückens stets

mit einer eingezogenen Brust verknüpft, erstens, weil die Muskelträgheit eine Verminderung der Brustweite nach sich zieht, zweitens, weil die sehr ausgesprochene Wölbung des Rückens im Vergleich damit die seitliche Ansicht des Körpers flach, und die Linie, welche durch die Richtung des Sternum bestimmt wird, geradezu konkav erscheinen läßt. Man findet diese charakteristische Mißbildung in allen Fällen, wo junge Leute einer sitzenden Lebensweise bei Mangel an frischer Luft und Bewegung unterworfen sind.

Muskelübung in jeglicher Form liefert wundervolle Resultate, sobald es sich darum handelt, nicht geradezu eine schon verwachsene Figur wieder gerade zu machen, sondern vielmehr eine geschwächte wieder aufzurichten. Die Wirbelsäule erlangt bald wieder energische Unterstützung durch die Wirbelmuskeln, sobald der junge Mensch sich lebhaften Bewegungen unterzieht; denn jede Arbeit, die einen gewissen Kraftaufwand fordert, bringt gerade diese Muskeln ins Spiel, welche die Wirbelsäule festmachen, das Zentrum und die Achse bei jeglichem Stellungswechsel des Rumpfes und seiner Gliedmaßen.

Allein von diesen Fällen übermäßiger Schwäche, krankhafter Schlaffheit abgesehen, kann die bloße Vermehrung der Muskelkraft nicht als Mittel gelten, um dem Wuchse seine vollkommene Geradheit zu verschaffen. Alle Leute, die sich durch Eleganz ihrer Haltung auszeichnen, haben dies viel mehr ihrer Geschmeidigkeit, als großen Stärke zu verdanken. Die Geschmeidigkeit beruht auf der großen Leichtigkeit, mit der die Wirbel einer über dem anderen nach allen Richtungen zu gleiten vermögen. Aus dieser großen Beweglichkeit entspringt die Mühelosigkeit, mit der die verschiedenen Stücke der Wirbelsäule sich den verschiedenen Stellungen des Körpers anpassen, sowie die Geschwindigkeit, mit welcher der Rumpf bei jedem Stellungswechsel sein Gleichgewicht wiederfindet. So bemerkt man bei Clowns, die sich verrenken, nicht selten den höchsten Grad anmutiger Tournüre.

Gewisse Übungen, die nur sehr geringen Aufwand an Muskelkraft fordern, haben doch eine ganz besondere Tendenz, die Wirbelsäule in eine vollkommene gerade Richtung zu bringen:

dies sind die Gleichgewichtsübungen. Ein Seiltänzer kann sich auf seiner dünnen Unterlage nur unter der Bedingung halten, daß er die Achse des Körpers niemals aus der Richtung des Lots bringt, — und diese Achse wird durch die Wirbelsäule dargestellt. Alle Bewegungen des Akrobaten haben also den Zweck, die Muskeln, welche die Wirbel bewegen, so zu spannen, daß der Knochenstamm, den sie umgeben, eine vollkommen senkrechte Richtung behält.

Der Seiltänzer wahrt sich auch auf dem Boden die Haltung, welche seine gut disziplinierten Muskeln durch die Gewöhnung den beweglichen Knochen verschafft haben. Die Gleichgewichtsjongleure sind ebenso wie die Seiltänzer und Kautschuckmenschen wahre Muster vollendeter körperlicher Geradheit, und wenn wir sie in einem Zirkus mit den Spezialisten des Trapezes vergleichen, so muß uns sofort die größere Eleganz ihrer Tournüre auffallen. Es läßt sich nichts Reizenderes denken, als eine kleine Equilibristin, wie wir sie in einem Zirkus eine aus Flaschen errichtete Pyramide erklettern sahen, die sich schließlich wie ein Vogel auf den Hals der obersten Flasche stellte, ohne auch nur eine einzige umgestürzt zu haben. Es war ein wundervoller Anblick, wie dieses Kind auf dem Gipfel seines gebrechlichen Baues zunächst unter Aufrichtung des Oberkörpers seinen Schwerpunkt sicherte, dann den Fuß auf seinen zarten Halt brachte und sich mit Hülfe der Hände, die den Hals der obersten Flasche ergriffen hatten, hochhob, ohne daß der immer geradlinige Rumpf sich auch nur um Millimeterbreite aus der vertikalen Richtung entfernte. Sie mußte sodann aus der Hockstellung sich zum Stand erheben, und dies geschah mit einer solchen mathematischen Präzision in der Zusammenziehung der Wirbelmuskeln, daß die Streckung der Beine und Hüften sich vollzog, ohne das ganze Gerüst zum Einsturz zu bringen.

Das junge Mädchen, das dieses Kunststück ausführte, hatte aber auch die denkbar eleganteste Taille und anmutigste Bewegungsweise, und es war besonders auffällig, wie sehr es mit einer gymnastischen Dame desselben Zirkus kontrastierte, deren Rücken und Schultern durch ihre Leistungen am Trapez und an den Ringen verunstaltet worden waren.

Die Geradlinigkeit der Wirbelsäule ist nicht so sehr der Kräftigkeit des Rückens und der Lenden, als vielmehr der vollendeten Harmonie ihrer Tätigkeit zu verdanken. Wenn die Muskeln, welche die Wirbel linksseitig beugen, kräftiger sind, als ihre Antagonisten, die sie rechtsseitig beugen, so wird die Wirbelsäule ihre Richtung nach der Seite des stärksten Anzugs nehmen und den Anfang einer linksseitigen Skoliose bilden, mag das Subjekt übrigens noch so kräftig sein. Wenn dagegen die Muskeln auf beiden Seiten gleichmäßig ausgebildet sind, so wird Harmonie in der Wirkung zwischen ihnen stattfinden und die Haltung wird gerade bleiben.

Alle Übungen, die eine harmonische Aktion der Streck- und Beugemuskeln der Wirbelsäule fordern, haben die Tendenz, dem Wuchs eine vollendete Schlankheit zu verleihen. Solche dagegen, bei denen die Aktion einer Körperseite überwiegt, beeinträchtigen die Harmonie der Muskelkräfte.

Häufiges Tragen einer Last auf einer Schulter verunstaltet den Wuchs; das Rückgrat weicht nach der entgegengesetzten Körperseite aus, wo die Muskeln stark antreten müssen, um den Rumpf nach ihrer Seite zu ziehen und ein Gegengewicht gegen die Last zu bilden. Wie alle einer dauernden Arbeit unterworfenen Muskeln müssen sie schließlich eine Verkürzung erleiden, welche das Rückgrat dauernd in der oft angenommenen Haltung festhält. Die Wirbelsäule krümmt sich nach der der Last entgegengesetzten Seite und die Schulter, die häufig belastet wird, hebt sich und wird höher, als die andere. Gepäckträger, die schwere Lasten heben, Eisenbahnarbeiter, welche die Einladungen von Gütern besorgen, haben meistens eine hohe linke Schulter, weil diese fast immer die Bürde aufnimmt. Ihre Arbeit hat die Tendenz, ihren Rumpf zu verbilden, indem sie die Schulter, welche trägt, höher macht.

Wenn die Last auf dem Kopfe getragen wird, so sind zwei Fälle möglich. Entweder ist die Last übermäßig, und es macht den Streckern der Wirbelsäule Mühe, sie zu tragen. Dann kann es vorkommen, daß die Wirbel dem zu starken Druck nachgeben und daß die Biegung der Wirbelsäule sich verstärkt. Eine Krümmung des Rückens wird das Resultat dieser Arbeit sein.

Anders, wenn die Traglast nicht zu schwer und, wie dies gewöhnlich erforderlich ist, im Gleichgewicht zu halten ist. Alsdann vollzieht die Wirbelsäule keine Kraftleistung, sondern eine Präzisionsarbeit, der Träger hat vor allem seine Wirbelsäule in einer mit dem Schwerpunkt vollkommen stimmenden Richtung zu halten. Die Achse des Körpers muß lotrecht werden, und die Haltung darf bei Gefahr, daß die Last kippt, nicht schief werden.

Man dürfte daher kaum eine bessere orthopädische Übung zur Berichtigung der schlechten Körperhaltung eines Kindes erdenken können, als das Tragen leichter Lasten auf dem Kopfe. Handelt es sich um irgendeine Ausweichung der Wirbel, um eine beginnende Krümmung des Rückgrats, die man bekämpfen will, so ist diese Gleichgewichtsübung besser als alles andere geeignet, die Mißbildung im Entstehen zu bekämpfen.

Zahlreichen Beobachtern ist der elegante und regelmäßige Wuchs bei den Frauen in Gegenden aufgefallen, wo diese das Wasser vom Brunnen in Gefäßen holen, die sie auf dem Kopfe tragen. Wie sehr pflegen dagegen die Frauen im Volk durch ihre krumme Haltung abzustehen in Gegenden, wo sie den Wasserkrug auf die Schulter nehmen. Besonders auffallend durch Eleganz der Haltung sollen nach dem Berichte eines Reisenden die Frauen von Teneriffa sein; sie sind bekannt durch ihre Geschicklichkeit, alle Arten leichter Gegenstände auf dem Kopf im Gleichgewicht tragen zu können.

SECHSTER TEIL / DIE ROLLE DES GEHIRNS BEI DER ÜBUNG

I. DIE ÜBERBÜRDUNG DER SCHÜLER

Das Schulwesen · Bericht der medizinischen Akademie · Die „geistige Überbürdung" und die sitzende Lebensweise · Vorgeschlagene Reformen: Vereinfachung des Lehrstoffs und Vermehrung der Leibesübungen · Wie diese Reformen durchgeführt werden müssen. Ihr Zusammenhang · Schwierigkeit, den Lehrstoff einzuschränken. Gefahren einer Vermehrung der Leibesübungen ohne Herabsetzung der geistigen Arbeit · Gewähren Leibesübungen eine Erholung für das Gehirn? Verkannte Bedeutung der Auswahl der Übung aus Gesichtspunkten der Gesundheitspflege für das Gehirn

Eine Frage der Gesundheitspflege von höchster Bedeutung nimmt seit einigen Jahren die Aufmerksamkeit des Publikums und der Ärzte in Anspruch. Man beunruhigt sich über die Gefahren, welche die übermäßige Arbeit der Schulkinder mit sich bringt, und sehr gewichtige Stimmen haben sich erhoben, um auf die verderblichen Wirkungen der *geistigen Überarbeitung* hinzuweisen.

Die medizinische Akademie wurde amtlich veranlaßt, ein Gutachten über die Ausdehnung des Übels und die Natur der dagegen anzuwendenden Heilmittel abzugeben und hat nach lebhafter Aussprache eine Reihe von Ratschlägen veröffentlicht, die in folgenden Sätzen gipfeln:

„Ohne auf die Lehrprogramme einzugehen, *deren Vereinfachung übrigens dringend erwünscht ist*, besteht die Akademie vor allem auf folgenden Punkten:

„Ausdehnung der Dauer des Schlafs für die jungen Leute; für alle Schüler Verminderung der den häuslichen und Schularbeiten gewidmeten Zeit, *d. h. der sitzenden Lebensweise*, und entsprechende Vermehrung der Zeit für Erholung und körperliche Übungen.

Dringende Notwendigkeit, alle Schüler täglichen Übungen zwecks körperlicher Ausbildung mit Berücksichtigung ihrer Altersstufen zu unterziehen (Marschieren, Laufen, Sprin-

gen, Freiübungen, Geräteturnen, Fechten, Kraftspiele und dergl.)".

Die Akademie der Medizin scheint im gegenwärtigen Schulwesen zwei verschiedene Mängel rügen zu wollen: übermäßige Gehirnarbeit, da sie Vereinfachung des Lernstoffs fordert, und unzulängliche Muskelübung, da sie Vermehrung der Leibesübungen wünscht.

Hält man sich aber an den Wortlaut ihrer Entschließung, so scheint die gelehrte Gesellschaft die beiden vorgeschlagenen Reformen nicht für gleichmäßig dringlich zu erachten. Sie betont die „dringende *Notwendigkeit*", die eine sitzende Lebensweise bedingende Arbeitszeit einzuschränken und die Leibesübungen zu vermehren, während sie nur einigermaßen unbestimmt den *Wunsch* zu erkennen gibt, daß der Lernstoff vereinfacht werden möge, ohne des weiteren auf den Grund der geistigen Überarbeitung der Schüler einzugehen.

Es scheint, daß die Mitglieder der gelehrten Gesellschaft sich mit ihrem ganzen Ansehen nur über die Frage der sitzenden Lebensweise, die unmittelbar die Medizin angeht, haben erklären wollen, die Frage aber, ob unsere Kinder wirklich einer übermäßigen Gehirnarbeit unterworfen sind, anderen Instanzen zur Entscheidung anheim stellen.

Man könnte also erwarten, daß eine neue Ermittelung unter Leitung von besonderen Fachleuten eingeleitet werde, um die Frage vom Standpunkte der Geistesarbeit mit derselben Bestimmtheit zu prüfen, wie die medizinische Akademie dies vom Standpunkte der körperlichen Übung aus getan hat. Seit der Veröffentlichung des akademischen Berichts sind jedoch schon mehrere Monate verflossen, ohne daß eine amtliche Erhebung in dieser Hinsicht angeordnet wäre. Die Frage der geistigen Überbürdung, die alle Welt so sehr beschäftigte, scheint schon wieder in Vergessenheit zu geraten. Man hüllt sich darüber in Schweigen, als sei schon alles gesagt.

Kann man den Bericht der Akademie schon für ausreichend erachten, um danach praktische Anordnungen zu treffen? Wäre dem so, so müßte man doch ohne weiteres zur Durchführung der für dringlich erachteten Reform schreiten und die

Leibesübungen auf breitesten Grundlagen vermehren, indem man die andere Reform, die Verminderung der Geistesarbeit, die nicht mit derselben Dringlichkeit gefordert wird und deren praktische Durchführung aut ernstere Schwierigkeiten zu stoßen scheint, der Zukunft anheimstellt.

In der Tat, nichts ist einfacher, als die Kinder noch zu täglichen Körperübungen anzuhalten, aber auch nichts schwieriger, als die Schularbeiten herabzusetzen.

Der geistige Wettbewerb bildet heutzutage die ausgeprägteste Form des „Kampf ums Dasein", und wenn man dem Kinde, um sein Gehirn zu schonen, hier nur mäßige Anforderungen stellt, so bringt man es in Gefahr, demnächst auf seiner Lebensbahn durch schlimmere Nebenbuhler, als die Gesundheitsregeln, überholt zu werden.

Ist es möglich, den von der Akademie als dringend notwendig erklärten Ratschlag zu befolgen, ohne zuvor diejenige Reform durchgeführt zu haben, auf welche sie selbst nicht den gleichen Wert zu legen scheint? Darf man die Muskelarbeit der Schüler vermehren, auch wenn man den Lernstoff nicht einschränkt? Darf man Kindern, die unter dem Einflusse großer geistiger Ermüdung leiden, in der Tat noch ein tägliches Pensum körperlicher Anstrengungen zumuten? Diese Frage findet in dem Berichte der Akademie keine Beachtung, und darin finde ich eine bedauerliche Lücke. Es ist nicht gleichgültig, zu wissen ob sich die beiden angeregten Reformen unabhängig voneinander durchführen lassen oder nicht. Ein ausführlicher Kommentar wäre um so nötiger gewesen, als die öffentliche Meinung unter Vorwegnahme dieses Gutachtens bereits seit langer Zeit für die Einführung einer vielseitigeren Gymnastik eingetreten ist. Alle diejenigen, welche ihre wohltätigen Ergebnisse würdigen können, sind von Ungeduld erfüllt, dem gymnastischen Unterricht einen weiteren Umfang in unseren Erziehungsanstalten gewährt zu sehen, freilich in Erwartung sonstiger Reformen. Soll man der überwiegenden Anschauung folgen, so haben die Leibesübungen einen doppelten Vorteil und können ihre Wohltaten nicht minder auf den ermüdeten Kopf des Kindes, als auf seinen geschwächten Körper erstrecken. Die

Muskelübung wäre darnach ein heilsames Gegengewicht, um den durch übertriebene Geistesarbeit zerrütteten Organismus wieder ins Gleichgewicht zu bringen.

Die physiologischen Folgen der gebräuchlichsten Leibesübungen sind eben noch zu wenig bekannt; denn unter studierten Leuten ist ihre Praxis nicht sehr verbreitet, und nur wenige Ärzte haben Gelegenheit gehabt, ihre interessantesten Ergebnisse an sich selbst zu beobachten. Nun aber gibt es unter diesen einige, die rein subjektiv sind, z. B. bestimmte Ermüdungserscheinungen — und deren Nüancen, so charakteristisch sie auch für den sind, der sie empfindet, dem äußerlichen Beobachter, der sie niemals erprobt hat, tote Buchstaben bleiben.

Nur so läßt sich ein weitverbreiteter Irrtum erklären, den die meisten wissenschaftlich nicht gebildeten Personen ohne Prüfung annehmen, und dem selbst manche Ärzte huldigen, als ob Leibesübungen die Rolle eines Ausgleichs für geistige Ermüdung übernehmen könnten.

Sicherlich kann Muskelarbeit denjenigen Nachteil unseres Schulwesens ausgleichen, den die Akademie als übermäßige „sitzende Lebensweise" kennzeichnet; sie bildet aber durchaus kein geeignetes Heilmittel für vorhandene geistige Überbürdung Nach unserer Ansicht besteht sogar zwischen den beiden von der Akademie empfohlenen Maßregeln ein Gegensatz und ein Widerspruch, der die Lösung des Problems sehr schwierig gestaltet.

Es handelt sich darum, zu gleicher Zeit den untätigen Muskeln des Kindes zur Arbeit *und dem zu stark beschäftigten Gehirn zur Ruhe zu verhelfen.* Nun glauben wir beweisen zu können, daß bei mehreren der von der Akademie empfohlenen Übungen, bei Freiübungen, beim Fechten, die geistigen Fähigkeiten mit ins Spiel treten und das Gehirn ebenso arbeitet, wie die Muskeln. Wie kann man also daran denken, dem Schüler, der schon unter geistiger Überbürdung leidet, auch noch diese Übungen zuzumuten?

Wenn die sitzende Lebensweise der Schüler gebieterisch eine Vermehrung der körperlichen Arbeit erheischt und man nicht mit der Vermehrung der Leibesübung weiter will, bis die Mittel

zur Vereinfachung des Schulstoffs gefunden sind[1], so muß man wenigstens unter den verschiedenen Methoden der körperlichen Ausbildung solche auswählen, die das Gehirn an der Muskelarbeit so wenig wie möglich teilnehmen lassen.

Bislang hat noch niemand daran gedacht, von diesem Gesichtspunkte aus eine Auswahl unter den mannigfaltigen Formen der Leibesübung zu treffen. Niemand hat sich die Frage gestellt, inwieweit die heutzutage am meisten in Ehren stehenden Methoden der Gymnastik geeignet sind, den Muskeln des Kindes die ihm mangelnde Tätigkeit zu schaffen, ohne sein schon überarbeitetes Gehirn noch mehr anzustrengen. Gerade dieser Aufgabe sollen die folgenden Kapitel dienen, sie sollen physiologisch begründete Regeln aufstellen, von denen man bei der Auswahl einer Übung nicht abweichen darf, wenn es gilt, die sitzende Lebensweise von Subjekten, die von übermäßiger Kopfarbeit in Anspruch genommen werden, auszugleichen.

[1] In einem bemerkenswerten Werke über „Die Erziehung des Bürgerstandes" (Education de la Bourgeosie, L. Cerf, 1888) hat Ed. Maneuvrier eine Schulreform vorgeschlagen, die es ermöglicht, die tägliche Schularbeit auf 6 Stunden zu begrenzen. Wie lange werden wir noch warten müssen, bis eine so dringliche Maßregel durchgeführt wird?

II. GEISTESARBEIT UND LEIBESÜBUNGEN

Der arbeitende Muskel und das denkende Gehirn · Ähnlichkeit der beobachteten physiologischen Erscheinungen · Erhitzung des Gehirns · Versuch des Dr. Lombard · Zuströmen des Blutes zum Gehirn während geistiger Anstrengung · Die Wage des Prof. Mosso · Folgen der Arbeit auf der geistigen und auf der physischen Ebene · Verbrennungen und Stoffwechselprodukte · Selbstvergiftungen durch Überanstrengung · Ähnlichkeit der Ergebnisse im physischen und seelischen Bereich · Wirkungen der Geistesarbeit auf die Zusammensetzung des Harns; sie sind identisch mit denen der Muskelarbeit · Ein Gichtanfall kann ebensogut Folge geistiger, wie körperlicher Überanstrengung sein · Der Fall von Sydenham

Unter Verzicht auf jeden philosophischen Standpunkt und vor allem, ohne uns auf die materialistische Hypothese einzulassen, können wir nachweisen, daß sehr enge Beziehungen und Analogien zwischen Geistesarbeit und Leibesübung bestehen. Es handelt sich um zwei in ihrer Form sehr verschiedene, aber denselben physiologischen Gesetzen unterworfene Äußerungen der Lebensenergie. Für das Gehirn, welches denkt, und den Muskel, der sich spannt, bestehen dieselben Arbeitsbedingungen: in dem einen wie in dem anderen Organ läßt sich ein beträchtlicher Blutzufluß und eine intensive Wärmeerzeugung beobachten, wenn seine Tätigkeit ins Spiel versetzt wird.

Wenn man ein Glied, das einer anstrengenden Übung unterzogen wird, mißt, so kann man feststellen, daß sein Umfang merklich gewachsen ist. Dies kommt daher, daß eine größere Blutmenge seine Gefäße ausdehnt. So hat man auch beobachten können, daß das Gehirn, wenn es arbeitet, Sitz einer erheblichen Blutzufuhr wird. Einige Physiologen haben Gelegenheit genommen, den Blutumlauf in den Hirngefäßen an Patienten, die infolge einer Verletzung einen Substanzverlust am Schädelknochen erlitten hatten, zu studieren. Durch eine Art von Fenster am Denkorgan konnten sie sehen, wie das Gehirn sich

jedesmal mit Blut füllte, wenn der Geist in Arbeit trat, und wie es sich entleerte, sobald die geistige Anstrengung nachließ.

Eine scharfsinnige Erfindung gestattet uns sogar in sehr frappanter Weise die Blutmenge zu bestimmen, die, je nachdem die geistige Anstrengung größer oder geringer ist, durch die Geistesarbeit ins Gehirn gezogen wird. Ein italienischer Physiologe, Mosso, hat eine Wage konstruiert, auf die sich ein Mensch legen kann. Wenn sich jemand dem Experiment unterwirft, so wird der Apparat durch ein Gegengewicht so eingestellt, daß das Niveau, wo der Kopf ruht, mit dem, das die Füße trägt, genau stimmt. Die Wage ist so empfindlich, daß der geringste Gewichtszuwachs auf der einen oder anderen Seite das Gleichgewicht stört und den Apparat zum Neigen bringt. Solange nun das beobachtete Subjekt in vollkommener Unbeweglichkeit ausgestreckt bleibt, und in vollkommener Geistesruhe verharrt, bleiben die beiden Enden der Wage völlig im Niveau. Wenn aber der Geist auf Vorstellungen gerichtet wird, die eine anstrengende Aufmerksamkeit erzwingen, wenn man die Lösung einer schweren Aufgabe sucht, wenn man an das Gedächtnis, an die Urteilskraft Anforderungen stellt, so wird das Gleichgewicht der Wage sofort gestört und man sieht die Schale, welche den Kopf trägt, sich senken. Das Blut wird in größerer Menge durch die geistige Anstrengung zum Gehirn geleitet; das Gehirn ist plötzlich schwerer geworden, und dieser Gewichtszuwachs gibt einen genauen Maßstab für den Blutzuschuß, den es bekommen hat. Man kann so feststellen, daß die Senkung der Wagschale um so ausgesprochener ist, je stärker die geistige Anspannung gewesen ist.

Eine andere, nicht weniger auffällige Analogie bringt die Hirnarbeit der Muskelarbeit nahe.

Wenn man eine thermoelektrische Nadel in das Muskelfleisch einführt, so kann man in dem Augenblicke, in dem die Faser sich zusammenzieht, eine Erhöhung der Temperatur konstatieren. Diese dem Thermometer empfindliche Wärme ist nur ein schwacher Rest derjenigen, die im organischen Motor erzeugt worden und zum größeren Teile in Bewegung umgesetzt ist.

Man weiß in der Tat, daß auch der menschliche Motor dem

Gesetze der Kraftumwandlung gehorcht und unter denselben mechanischen Bedingungen arbeitet, wie die durch Wärme funktionierenden Bewegungsmaschinen: er kann keine Bewegung leisten, ohne Wärme zu verbrauchen. Schon längst hat man die vollkommene Analogie bestätigen können, die zwischen dem funktionierenden menschlichen Organismus und den arbeitenden thermischen Apparaten besteht. Die bei einem Muskelakt von bekannter Intensität verausgabte Wärmemenge kann genau gemessen werden, und man hat bewiesen, daß sie nahezu derjenigen gleichkommt, die eine Dampfmaschine für dieselbe Kraftleistung verwendet.

An sich läßt augenscheinlich die Gehirnarbeit keinen gemeinschaftlichen Maßstab mit der mechanischen Arbeit des Muskels oder einer Maschine zu, aber die Physiologie hat bewiesen, daß das Gehirn ebenso wie der Muskel, um tätig zu werden, eine gewisse Wärmeausgabe machen muß. Die geistige Anspannung ist ebenso wie die Muskeltätigkeit mit einer Temperaturerhöhung des arbeitenden Organs verknüpft.

Diese Wahrheit ist keine bloße Hypothese. Schon seit langer Zeit hat man wissenschaftliche Experimente über den Einfluß der Gehirnarbeit auf die Temperatur des Kopfes angestellt. Die ersten Untersuchungen darüber verdankt man dem Dr. Lombard (Boston), sie fanden statt im Jahre 1869. Ihre positiven Ergebnisse wurden durch die Arbeiten des Physiologen Schiff bestätigt, und man findet sie angeführt in dem Werke des Dr. Luys über das Gehirn. Zurzeit wird nirgends mehr bestritten, daß das Gehirn während der Denkarbeit sich erwärmt.

Mag also die in einem Menschen vorhandene Energie durch den Willen sich in der Form geistiger Arbeit oder in der Form der Muskeltätigkeit äußern, so wird ihre Aufgabe sich immer durch Wärmeentwicklung bezahlt machen. Unter dem Einfluß gewisser chemischer Verbindungen, die sich in der Tiefe der organischen Gewebe vollziehen, und die man „Verbrennungen“ nennt, wird die in den Molekülen des lebenden Körpers latente vorhandene Wärme in Freiheit gesetzt und sodann durch den Gehirnakt oder durch den Muskelakt ebenso verbraucht, wie die Wärme des Kessels durch eine Dampfmaschine.

Dies sind die beiden auffälligsten Analogien, die dem Physiologen beim Vergleich der Geistesarbeit mit der körperlichen Arbeit sich aufdrängen: beim Arbeiten so gut wie beim Denken vollzieht sich ein größerer Blutzustrom gegen das funktionierende Organ sowie eine intensivere Wärmeentwicklung im Schoße der Elemente, deren Tätigkeit ins Spiel gesetzt wird.

II

Führt man die Untersuchung weiter durch, so ergeben sich noch andere Vergleichungspunkte zwischen den Wirkungen der geistigen und der körperlichen Arbeit.

Zuvörderst ergibt sich für das denkende Hirn ebensogut wie für den sich kontrahierenden Muskel, da Verbrennungen stattfinden, eine gesteigerte Zerstörung gewisser lebendiger Gewebe, durch welche die Verbrennungen genährt werden. Es verhält sich so wie bei einer Lokomotive, die, wenn sie ihre Geschwindigkeit steigert, mehr Kohlen verbraucht. Infolge von Geistesarbeit erleidet der Organismus ebenso eine gewisse Einbuße, wie infolge der Körperarbeit.

Dies ist nicht alles.

Die Verbrennungen lassen die Gewebe, durch welche sie genährt werden, nicht völlig verschwinden; sie formen dieselben um und bilden sie um, wie dies die Herdflamme mit der Kohle oder dem Holz macht, das sie verzehrt. Das Brennholz läßt jene Verbrennungsprodukte zurück, die man im erloschenen Herde vorfindet, Asche und Ruß. Ebenso enthält der Organismus nach der Arbeit Verbrennungsprodukte — Stoffwechselerzeugnisse —, die den organischen Geweben, deren Teil sie vorher gebildet haben, nicht mehr ähnlich sind.

Die Stoffwechselprodukte — dies ist einer der interessantesten Punkte in der Geschichte der Arbeit — sind für das Leben nicht mehr brauchbar und müssen zur Verhütung von Krankheiten aus dem Organismus entfernt werden. Daher besitzt der Organismus eine Anzahl von Ausscheidungsorganen, die den Zweck haben, alle diese Unreinigkeiten sozusagen auszufegen.

Wenn aber die Erzeugung von Verbrennungsabfällen sehr beträchtlich ist, wie dies bei übermäßiger Arbeit der Fall ist,

so kann es vorkommen, daß die Ausscheidungsorgane unzulänglich werden, daß die Stoffwechselprodukte sich übermäßig anhäufen und die großen Lebensfunktionen eingreifend stören.

Nach einer Theorie, die mehr und mehr Anerkennung findet, und für die wir selbst a. a. O. einige sehr beweisende Tatsachen vorgebracht haben, würden nun gewisse Formen der Ermüdung auf das übermäßige Vorhandensein gewisser durch die Arbeitsverbrennungen im Blute angesammelter Zersetzungsstoffe zurückzuführen sein.

Wird die Ermüdung zu groß, so nennt man sie Überbürdung.

Die Überanstrengung der Muskeln stellt sich in verschiedenen Formen dar, sie kann u. a. einen fieberhaften Zustand hervorrufen, der Ähnlichkeit mit dem Typhus hat. Nach Ansicht aller Ärzte sind diese Erschöpfungsfieber, die man sowohl bei Tieren wie bei Menschen beobachten kann, auf eine Art von Vergiftung des Körpers durch seine eigenen Elemente, auf eine *Auto-Intoxikation* des Organismus durch Stoffwechselprodukte übermäßiger Arbeit zurückzuführen. Aber auch die geistige Überanstrengung, kann nach einigen Mitgliedern der medizinischen Akademie (Sitzung vom 7. Mai 1887) zu fieberhaften Zuständen von der Art des Typhus führen. Die Ähnlichkeit der Erscheinungen deutet auf eine Ähnlichkeit der Ursachen und beweist, daß die Erschöpfungsfieber auf Grund von geistiger Überarbeitung ebenso wie diejenigen auf Grund von körperlichen Überanstrengungen durch eine Anhäufung von Stoffwechselprodukten verursacht werden.

Was für Stoffwechselprodukte aber entstehen aus der Hirntätigkeit? Das weiß niemand uns mit Sicherheit zu sagen; denn man kennt noch nicht einmal genau alle organischen Abfälle, die sich aus der übrigens doch schon weit besser erforschten Muskelarbeit ergeben. Man weiß lediglich nach neueren Arbeiten Gautiers, daß gewisse Gifte, die denjenigen der Fäulnis gleichen, sich auch unter dem Einfluß der die Lebenswärme erzeugenden chemischen Prozesse entwickeln können. Diese Gifte sind Alkaloide, — aber was für Beziehungen haben sie zur Geistes-

arbeit? Worin besteht auch nur ihr Zusammenhang mit Muskelarbeit? Diese Fragen sind noch völlig ungeklärt.

Vom derzeitigen Standpunkt der Wissenschaft aus lassen diese Gifte sich nur an ihren Wirkungen erkennen, und der Organismus ist das Reagens, das ihre Anwesenheit durch die Störungen, die er durch sie erleidet, verrät. Immerhin gestattet uns die Ähnlichkeit der Gesundheitsstörungen auf Grund von geistiger Überanstrengung mit denjenigen auf Grund einer Überanstrengung der Muskeln auf eine Analogie der Ursachen zu schließen.

Schon seit geraumer Zeit haben die Ärzte den bedenklichen Einfluß konstatiert, welchen Überarbeitung auf alle Erkrankungen ausübt, die den Menschen befallen können. Man hat in der geistigen Überarbeitung dieselbe erschwerende Wirkung auf den Verlauf akuter oder chronischer Krankheiten erkannt, wie in körperlicher. Die geringfügigsten inneren Krankheiten, wie die einfachsten äußeren Verletzungen können den Stempel schwerer Gefahr bei einem Menschen erhalten, der sich zu anstrengender oder zu anhaltender Muskelarbeit unterzogen hat; gleichfalls aber auch bei dem, dessen Gehirn einer zu intensiven Anspannung, einer zu anhaltenden Geistesanstrengung unterworfen gewesen ist. Eine Lungenentzündung erlangt ihre infektiöse Form bei einem durch Gewaltmärsche erschöpften Soldaten, nicht minder aber auch bei einem jungen Manne, der sich in der Vorbereitung zu einem Examen überarbeitet hat. In beiden Fällen fällt aber die Krankheit auf einen durch Stoffwechselprodukte verdorbenen Boden.

Somit zwingen uns die Tatsachen, auch wenn die Wissenschaft noch keine befriedigende Theorie der geistigen Überarbeitung bietet, jedenfalls eine auffällige Analogie zwischen Ausschreitungen in körperlichen Übungen und Mißbrauch der Geistesarbeit anzuerkennen. Diese Analogie gilt ebensowohl für die leichteren Grade der Ermüdung wie für die schwereren Fälle der Erschöpfung.

Ein körperliches Symptom, das die Übermüdung der Muskeln begleitet, ist leicht zu erkennen und hat seit langer Zeit die Aufmerksamkeit der Physiologen auf sich gezogen: das trübe Aus-

sehen des Harns. Diese Trübung ist die Folge der Anwesenheit unvollständiger Verbrennungsprodukte im Harn, von Uraten und Harnsäure.

Dieselbe Trübung nun, die man am Urin nach einem Gewaltmarsch bemerkt, tritt oft auch infolge starker geistiger Anstrengung auf; wir haben sie z. B. an uns selbst gelegentlich nach Vollendung eines mit besonderem Fleiß ausgearbeiteten Kapitels des Buches beobachtet.

Bei Muskelarbeit sind es die stickstoffhaltigen Abfälle des Muskels, die sich im Harn in Form von Harnsäure ausscheiden. Gilt dasselbe bei geistiger Arbeit oder sind es hier etwa die stickstoffhaltigen Moleküle der unvollkommen verbrannten Nervensubstanz, die der Organismus ausscheidet? Zurzeit läßt sich diese Frage nicht in befriedigender Weise beantworten; aber was man als ebenso gewisse wie merkwürdige Tatsache hervorheben kann, ist die Ähnlichkeit der Zusammensetzung, welche die Niederschläge des Urins nach körperlicher und geistiger Arbeit darbieten. In beiden Fällen sind es harnsaure Salze, die in Übermaß ausgeschieden werden. Die Identität der chemischen Zusammensetzung ist nicht die einzige Analogie, welche die Abfälle der körperlichen Arbeit mit denjenigen übermäßiger geistiger Tätigkeit bieten.

Die Erzeugung dieser beiden Arten von Abfällen kann auch identische Gesundheitsstörungen hervorrufen.

Man hat bei Leuten, die eine Anlage zu Gicht haben, manchmal heftige Gichtanfälle infolge von körperlichen Anstrengungen beobachtet, und die Ärzte führen den Ausbruch solcher akuter Erkrankungen auf die Ansammlung einer hohen Dosis von Harnsäure im Blut zurück.

Nun ist erwiesen, daß auch starke geistige Anstrengungen, übermäßige Gehirnarbeiten ebensowohl wie körperliche einen Überschuß von Harnsäure im Blut verursachen und einen Gichtanfall auslösen können. Ein Fall ist berühmt, derjenige Sydenhams, des Verfassers eines geschätzten Werkes über die Gicht, der unmittelbar nach Vollendung dieses Werkes selbst von seinem ersten Gichtanfall befallen wurde.

So gestatten uns die Tatsachen täglicher Erfahrung ebenso

wie Folgerungen der Physiologie eine enge Verwandtschaft zwischen den Folgen geistiger und muskulärer Ermüdung anzunehmen. Diese erste Folgerung dürfte, so scheint es, schon ausreichen, um bei Anwendung körperlicher Übungen jeden geistig überarbeiteten Menschen zur Vorsicht zu mahnen.

Aber wir werden noch auf Einzelheiten kommen, wenn wir eine summarische Analyse der in unserer Zeit gebräuchlichsten Leibesübungen geben, und dann eine noch auffälligere Analogie zwischen Körper- und Geistesarbeit erkennen. Wir werden sehen daß bei schwierigen gymnastischen Übungen, beim Reiten und Fechten, das Gehirn und die Nerven eine ebenso bedeutende Rolle spielen, wie die Muskeln.

III. DIE ARBEIT DER BEWEGUNGSREIZE[1]

Notwendige Vergesellschaftung der Nervenzelle mit der Muskelfaser bei der Bewegung · Ursprung der Bewegungsreize · Die Nervenzentren · Das Rückenmarkzentrum der unbewußten Bewegungen: das Gehirn Zentrum der bewußten · Rolle der grauen Substanz des Gehirns · Der Hund des Prof. Goltz · Eine Gegenprobe: Die Beobachtung des Dr. Luys · Muskelarbeit und Nervenarbeit bei willkürlichen Bewegungen · Häufig beobachtetes Mißverhältnis zwischen Willensanspannung und Muskelwirkung · Bedingungen, welche das Verhältnis zwischen dem Aufwand von Nerveneinfluß und mechanischer Muskelarbeit verschieden gestalten.

Welche enge Solidarität zwischen dem Gehirn, dem Denkorgan, und dem Muskel, dem Bewegungswerkzeug, besteht, ist jetzt im allgemeinen genügend bekannt. Wir beabsichtigen nunmehr darzustellen, wie oft sich bei körperlichen Übungen die Hirnzelle aufs engste mit der Tätigkeit der Muskelfaser assoziiert, und wie oft die geistigen Fähigkeiten weit entfernt sind, während der Ausführung der verschiedenen, heutzutage am meisten beliebten gymnastischen Bewegungen in Untätigkeit zu bleiben.

Um die Bedeutung, welche der Hirnarbeit bei einer Leibesübung zukommen kann, zu würdigen, hat man sich zuvörderst eine klare Vorstellung des organischen Apparates zu verschaffen, mit dessen Hilfe die Bewegungen ausgeführt werden. Dieser Apparat wird wesentlich zusammengesetzt: 1. aus Nervenzentren, in denen die Bewegungsreize ausgelöst werden: diese sind das Rückenmark und das Gehirn; 2. aus Zuführungs-

[1] *Anmerkung des Übersetzers:* Wir können uns nicht versagen, jeden philosophisch Gebildeten auf das glänzende Kapitel *Schopenhauers*, in dessen Hauptwerk: „Die Welt als Wille und Vorstellung" über die Objektivation des Willens im tierischen Organismus (Kap. 20, Bd. 2, Frauenstädtische Ausgabe II, S. 277 ff) aufmerksam zu machen, welches über die hier folgenden rein physiologischen Ausführungen einerseits ein helles Licht zu ergießen geeignet ist und andrerseits durch dieselben eine empirische Bestätigung erhält.

organen, welche die Aufgabe haben, diese Reize zu übertragen; 3. endlich aus Organen, deren Aufgabe es ist, die aus den Nervenzentren strömenden Anreize zu beantworten und die Bewegungen auszuführen: dies sind die Muskeln.

Hinter diesen organischen Faktoren der Bewegung aber steht ein anderer, der für die Ausführung bewußter Muskelakte ebenso unerläßlich, wie seinem innersten Wesen nach unbekannt bleibt: dies ist der *Wille*.

Der Wille befiehlt, und der Muskel führt seinen Befehl aus; aber es ist wichtig, daß man einsehe, daß der Wille, der Hauptfaktor der Bewegung, keine direkte Handhabe über seinen ihm untergeordneten Diener besitzt. Der Wille bedarf, um seine Befehle dem Muskel zu übermitteln, der ganzen, so außerordentlich komplizierten Verkettung, die sich uns in den Nerven und Nervenzentren darstellt. Wollen wir z. B. einen Fuß bewegen, so geht der Befehl des Willens von der grauen Substanz des Gehirns aus, läuft den langen Nervenstrang des Rückenmarks entlang und steigt dann durch die Nerven der Hüfte und des Beins abwärts. Erst nach Durchschreitung dieser langen Reihenfolge von Zellen und Nervenfasern erreicht die durch den Willensanstoß hervorgerufene Schwingung die Muskelfaserbündel und zwingt sie zu einer Kontraktion. Wenn der Nervenstrom in diesem Verlauf auf eine Unterbrechung des Zusammenhangs der leitenden Fasern trifft, wenn das Rückenmark oder der motorische Nerv durchgeschnitten sind, so macht der Reiz an der verletzten Stelle halt und gelangt nicht an den Ort seiner Bestimmung: der Muskel tritt nicht in Tätigkeit ungeachtet der Willensanstrengung, deren Aufforderung nicht bis zu ihm gelangen kann.

So erklären sich die Bewegungslähmungen infolge von Verletzungen des Rückenmarks oder eines motorischen Nerven. Der Wille hat sonach keine unmittelbare Herrschaft über den Muskel. Er hat sie ebensowenig über die motorischen Nerven, ebensowenig über das Rückenmark. Aber andererseits besitzt der Muskel auch kein Vermögen, von selbst und spontan in Tätigkeit zu treten. Die Kraft, die seine Fasern enthalten, ist eine latente Kraft, vergleichbar der des Schießpulvers. Es bedarf

eines Funkens, um das Pulver zur Explosion zu bringen; so bedarf es eines Nervenreizes, um den Muskel zur Kontraktion zu bringen. Der Muskelarbeit muß demnach eine Arbeit des Nervenreizes voraufgehen.

Experimentell kann man das nervöse Agens, den natürlichen Erreger des Muskels durch künstliche, mechanische oder physikalische Reize ersetzen; in der Physiologie benutzt man am häufigsten die Elektrizität. Die durch Elektrisieren der Bewegungsorgane erlangten Erscheinungen gleichen durchaus denen der willkürlichen Kontraktion und bieten eine wertvolle Analogie, die es ermöglicht, das Wesen der Muskelarbeit genau zu erforschen. Wir werden diese Analogie benutzen, um gewisse Tatsachen der Leibesübungen zu erklären.

Beim lebenden Menschen kommen die Reize, welche die Muskeln in gewisse Tätigkeit versetzen, aus den Nervenzentren, d. h. aus gewissen Teilen der mit einer eigentümlichen Energie versehenen Nervensubstanz und haben es nicht nötig, ihre Kraft von irgendeinem anderen Teile des Organismus zu entlehnen. Es gibt zwei Nervenzentren für die Muskeln des auf die Außenwelt gerichteten Lebens: das Rückenmark und das Gehirn.

Das Rückenmark ist das Zentrum der *Reflexreize* und der unwillkürlichen Bewegungen: wir werden seine Rolle weiter unten behandeln. Das Gehirn ist das Organ, in dem die Reize, die der Wille den Muskeln zusendet, zur Entstehung kommen. Nur dieses Organ übersendet den Muskeln durch die Nervenfasern bewußte Befehle.

Der Wille handelt ausschließlich durch das Gehirn, und zwar insbesondere vermittels der dünnen grauen Schicht, die seine äußere Oberfläche bildet und die ebenso ein wesentliches Organ des Denkens wie das unentbehrliche Werkzeug der willkürlichen Bewegungsreize darstellt.

Merkwürdige Versuche haben bewisene, daß das Schwinden der grauen Hirnsubstanz zur Vernichtung aller willkürlichen Bewegung führt ohne den Tod zu verursachen. Prof. Goltz brachte von Straßburg einen Hund auf den Kongreß in London im Jahre 1881, den er nach fast völliger Entfernung seiner Hirn-

substanz noch am Leben erhalten hatte. Das Tier war nicht mehr imstande, irgendeine willkürliche Bewegung auszuführen. Wie ein Automat ging es geradeaus, ohne jemals seine Richtung zu verändern und etwaigen Hindernissen, die man ihm in den Weg stellte, auszuweichen, es stieß sich daran, obgleich sein Sehvermögen unverletzt geblieben war. Seine Muskeln hatten ihre Fähigkeit zu handeln nicht verloren, aber sie wurden nicht vom Willen gelenkt und konnten nur noch durch äußerliche Reize in Tätigkeit gesetzt werden; sie konnten nur noch Reflexbewegungen oder durch Gewohnheit automatisch gewordene Bewegungen ausführen.

Neben diesem Versuch von Goltz ist eine nicht minder merkwürdige Beobachtung zu erwähnen, die eine Art von Gegenprobe liefert, sofern nach Zerstörung der Bewegungsorgane eine Atrophie der Hirnsubstanz eintritt.

„Ich habe feststellen können," sagt Luys[1]), „daß bei Leuten, die vor langer Zeit amputiert sind, bei solchen, die seit geraumer Zeit z. B. eines ihrer oberen Gliedmaßen beraubt sind, sich in bestimmten Teilen des Gehirns, die nunmehr lange Zeit untätig gewesen sind, in der grauen Substanz deutlich begrenzte Atrophien einstellen. Ich habe mich auch überzeugen können, daß die Gegenden des Gehirns, in denen dieser Schwund der grauen Substanz eintritt, nicht dieselben waren, wenn es sich um die Amputation eines anderen Gliedes handelte."

Um die Bedeutung dieser Beobachtung richtig einzuschätzen, muß man sich erinnern, daß Untätigkeit eines Organs immer dessen Atrophie herbeiführt. Wenn also das Verschwinden gewisser Muskelbewegungen infolge von Beseitigung des Gliedes das „Schweigen" und somit den Schwund gewisser Hirnregionen nach sich zieht, so ist offenbar die Funktion dieses Organs innig mit derjenigen der Muskeln verknüpft: d. h. *das Gehirn arbeitet, wenn die Muskeln tätig sind.*

[1] Luys, Le cerveau.

II

Die graue Hirnsubstanz ist es, welche die Nervenarbeit verrichtet, die allen willkürlichen Muskelakten vorangeht, sie auslöst und begleitet.

Wenn es uns gelungen sein sollte, unseren Gedanken klar auszudrücken, so muß jetzt der Leser begreifen, daß jede willkürliche Bewegung eine doppelte Kraftausgabe nötig macht, eine Arbeit des Muskels, der sich zusammenzieht, und eine Arbeit des Gehirns, das die Zusammenziehung anregt.

Die Kontraktionsarbeit des Muskels ist wahrnehmbar äußerlich sichtbar und läßt sich mit Hülfe eines Kraftmessers messen.

Die Arbeit des Bewegungsreizes in den Nervenzellen ist eine innerliche Arbeit, die de visu nicht konstatiert werden kann und keinen gemeinsamen Maßstab mit der Muskelarbeit hat, weil sie nicht von mechanischer, sondern physiologischer Natur ist. Man kann sich von ihr vergleichsweise eine Vorstellung machen durch Hinweis auf elektrische Erscheinungen. Nimmt man an, der Muskel werde elektrisch erregt, so könnten die chemischen Prozesse, die in den Elementen stattfinden, die physiologische Arbeit, die sich unter dem Einfluß des Willens in der grauen Hirnsubstanz vollzieht, und welche durch Vermittlung der motorischen Nerven die Muskelspannungen hervorruft, wie die Elektrizität des Elements durch Vermittlung der metallischen Leitungsdrähte, versinnbildlichen. Also jeder gewollten Bewegung geht eine Nervenarbeit vorauf, die in der grauen Hirnsubstanz stattfindet, und jeder Muskelanspannung entspricht eine Gehirntätigkeit. Die Gehirntätigkeit selbst aber entsteht aus dem Einfluß einer ihrer Natur nach unbekannten Kraft auf das Nervenelement,welche man den *Willen* nennt. Ohne uns weiter mit einer Spekulation über das Wesen dieser Kraft aufzuhalten, werden wir ihre Tätigkeit während der Muskelarbeit als *Willensakt* bezeichnen.

Der Willensakt ist erforderlich, um eine Muskelkontraktion hervorzurufen, *aber die Energie, mit der sich ein Muskel zusammenzieht, steht nicht immer im Verhältnis zur Intensität des Willensreizes.*

Dies ist ein wichtiger Punkt, aus dem sich bedeutsame Folgerungen für die Praxis der Leibesübungen ergeben. Mancherlei Umstände können eine Steigerung der Nervenarbeit nötig machen, ohne daß die vom Muskel verrichtete Arbeit in demselben Verhältnis vermehrt wird; oft übersetzt eine sehr heftige Willensanstrengung sich nur in eine wenig energische Muskelanspannung.

Dieser Unterschied zwischen der Intensität der Nervenarbeit und der Muskelarbeit, die dadurch hervorgerufen wird, tritt auffällig in den Erscheinungen der Ermüdung hervor, jedermann hat schon die Beobachtung gemacht, daß ein ermüdeter Muskel, wenn er seine Arbeit fortsetzen soll, eine größere Willensanstrengung fordert, als ein noch frischer Muskel. Welcher Aufwand von Kraft ist z. B. schon erforderlich, um ein kleines Gewicht, das man anfangs mit Leichtigkeit aushielt, noch nach fünf Minuten mit der Hand ausgestreckt zu halten Die Muskelarbeit ist nicht größer geworden, da ja das Gewicht dasselbe bleibt, aber die Nervenarbeit ist verdoppelt, weil der ermüdete Muskel weniger *reizbar* geworden ist und, um sich zu spannen, durch den Nerven stärker erregt werden muß. Daher die Nötigung, durch den Willen in den Nervenzentren eine heftigere Schwingung zu erzeugen, eine intensivere Erschütterung hervorzurufen, deren Wirkungen sich nach der Arbeit durch eine gewisse Ermattung, durch eine augenblickliche Abspannung fühlbar machen, wie solche stets nach großen Ausgaben von Nervenkraft, sowohl auf der rein seelischen, wie auf der physischen Ebene sich einstellt.

Es ist leicht, mit Hülfe der Elektrizität die Tatsachen der Muskelkontraktion experimentell nachzuahmen und dieses Mißverhältnis, das die Ermüdung zwischen Kraftleistung des ermüdeten Muskels und der Intensität des von ihm empfangenen Reizes bedingt, zu veranschaulichen. Wenn man einen Muskel mit Hülfe eines abgemessenen Kraftstroms erregt und das eine Ende dieses Muskels mit einem Kraftmesser verbindet, der die Kraft, mit der er sich zusammenzieht, anzeigt, so kann man beobachten, wie der Muskel nach einer Anzahl von Kontraktionen schwächer wird, obgleich die Stromstärke nicht ab-

nimmt. In dem Maße, in dem die Arbeit sich in die Länge zieht, werden die Reaktionen des Muskels auf den Reiz, den er erleidet, schwächer und schwächer und hören schließlich ganz auf. Steigert man nun allmählich die Stromstärke, so sieht man, daß die Kontraktilität der Muskelfasern wieder eintritt und daß der Kraftmesser mehr und mehr eine stärkere Spannung anzeigt, die schließlich wieder die Anfangsleistung erreicht. Aber jetzt hat eben der Strom seine Kraft vermehrt, und dieselbe Arbeitsleistung, die anfangs durch die Ziffer 1 dargestellt worden war, wird jetzt durch einen Strom bewirkt, der durch die Ziffer 2 zu messen ist.

Die Notwendigkeit, aus einem Muskel alle Kraft zu schöpfen, deren er fähig ist, bildet nicht den einzigen Umstand, der eine Mehrleistung an Nervenarbeit bedingen kann. Wir werden in den folgenden Kapiteln sehen, wieviele verschiedenartige Formen von Gehirntätigkeit im Verlaufe verschiedener Leibesübungen noch zur Muskelarbeit hinzutreten können.

IV. DIE ARBEIT DER LATENTEN REIZE.

Die Katze, welche der Maus auflauert · Der „Anstand" auf Wild; Nervenarbeit, welche dieser Akt einschließt. · Identität gewisser Phasen der Leibesübung mit dem Phänomen des Auflauerns · Ein Fechtergang · Physiologische Analyse des geraden Stoßes · Bedeutung der Zeit beim Fechten · Fechten mit schnellem Ausfall · Der gut einsetzende Stoß · Der latente Muskelreiz und die Verkürzung der „verlorenen Zeit" · Die aus der Entdeckung von Helmholtz sich ergebende Erklärung · Die Rolle des Gehirns beim Fechten · Wie der Fechter die beabsichtigten Stöße verrät · Ein Ratschlag von Bazancourt · Wirkungen der latenten Arbeitsreize · Nervöse Ermüdung und geistige Ermüdung · Die nervöse Ermüdung: ihre Wirkungen auf die Ernährung · Warum die Katzen nicht fett werden.

Haben Sie schon eine schlafende Katze beobachtet, die plötzlich durch das Geräusch einer nagenden Maus erweckt wird? — Sie richtet sich auf und streckt das Ohr. Betrachten Sie ihre lauernde Haltung: kein Muskel zittert. In absoluter Bewegungslosigkeit scheint sie noch zu schlafen; aber ihr gesträubter Bart und ihr funkelndes Auge offenbaren ein intensives Leben, das ihren anscheinend trägen Leib erfüllt; alle ihre Glieder sind wie Sprungfedern gespannt, und ihre Muskeln, durch eine starke nervöse Aufregung galvanisiert, warten nur auf einen letzten Anreiz, um heftig ins Spiel zu treten.

Auch wird die Maus, sobald sie sich zeigt, augenblicklich gefaßt; mit der Schnelligkeit des Blitzes ist die Katze aufgesprungen und hat mit ihrer Kralle den todbringenden Schlag versetzt.

Um diesen raschen Übergang aus der Unbeweglichkeit zur Handlung zu verwirklichen, hatte die Katze ihre Muskeln vorbereitet, in jedem einen Vorrat von Nerveneinfluß gesammelt, die Muskeln sozusagen auf Wachposten gehalten in einem Zwischenzustande zwischen Ruhe und Tätigkeit. Diese Vorbereitung des Muskels, durch die er befähigt wird, den Befehl

des Willens in einem Augenblick auszuführen, wird in der Physiologie als *latenter Reiz* bezeichnet.

Der latente Muskelreiz ist eine Kraftausgabe, die sich jeder mechanischen Schätzung entzieht, weil sie sich nicht in eine äußerlich in Kilogrammen meßbare Arbeit umsetzt; aber sie ist ein physiologischer Akt, der am Nervensystem nicht unbemerkt vorübergeht und der bei der Analyse einer Leibesübung mit in Rechnung gestellt werden muß. Bei der Katze, die einer Maus auflauert, entspringt die Ermüdung nach der Jagd nicht aus dem Sprunge, den das Tier zur Erfassung der Beute macht, sondern vielmehr nur der nervösen Spannung, die diesem Ansprung voraufgeht.

Eine Menge von jagenden Tieren gibt uns, wie die Katze, Gelegenheit, diesen interessanten Akt des „Anstands" zu beobachten.

Bei einem Vorstehhunde bringen Dressur und Vererbung den zweiten Teil der Handlung, der eigentlich ihr Naturzweck ist, in Wegfall. Der echte Vorstehhund bricht niemals aus und springt nicht auf den Hasen los, sondern seine Muskeln verharren in dieser latenten Reizung, die ursprünglich lediglich den Zweck hat, ihn zum Ansprung vorzubereiten und die nunmehr bei der Jagd mit der Flinte nur den Zweck erfüllt, den Jäger durch eine besondere Stellung auf die Anwesenheit des Wildes aufmerksam zu machen.

Viele der beliebtesten Leibesübungen setzen eine ähnliche Vorbereitung der Bewegungen voraus, wie jene bezeichnenderweise als „arrêt" (Anstand) bezeichnete Stellung des Jagdhundes; es sind dies diejenigen Übungen, bei denen es auf plötzliche Schnelligkeit ankommt. In allen Fällen, in denen die Muskeln augenblicklich aus der Bewegungslosigkeit zur Tätigkeit übergehen müssen, und zwar genau in dem Augenblick, wo der Geist die richtige Gelegenheit zur Bewegung erkennt, muß dem Muskelakt eine sehr intensive Nervenarbeit vorangehen, muß das Gehirn dem Muskel eine Vorbereitung beschaffen, ohne welche das Bewegungsorgan nicht imstande sein würde, ihm *ohne Zeitverlust* zu gehorchen.

Dieser Punkt fordert, um richtig beleuchtet zu werden, eine

genauere Auseinandersetzung, die wir nicht ohne Anführung eines Beispiels geben können.

Auf dem Fechtboden verbringen zwei Fechter, die einen Gang miteinander machen, oft ganze Minuten damit, sich lediglich zu beobachten, zu belauern ohne irgendwelche Bewegung. Plötzlich folgt auf diese unbewegliche Haltung ein Ausfall von äußerster Schnelligkeit: einer der Fechter hat eine Blöße gesehen, d. h. vielleicht einen Raum von einigen Millimetern, welche der andere sich etwa durch fast unmerkliche Verschiebung der Hand gibt, und die Klinge, die in dem Augenblick, wo der Gegner sich entblößt, mit aller Schnelligkeit zustößt, trifft die offene Brust. Dies ist einer der berühmtesten Fechterstöße, und diejenigen, die ihn erfolgreich anzubringen verstehen, gelten als Virtuosen des Ausfalls (besitzen das sog. à propos bei der Attacke).

Was geschieht in diesem so kurzen Augenblick, den die Ausführung des geraden Stoßes fordert? Der Fechter gibt eine Blöße, sein Gegner beurteilt die Möglichkeit des Angriffs, in demselben Augenblick kontrahiren sich die Muskeln, und die Waffe erreicht ihr Ziel.

Anscheinend ist nichts leichter, als diese Bewegung, die nur darin besteht, den Arm in gerader Richtung auszustrecken, während die Knie den Körper lebhaft in der Richtung des Stoßes vorwärts schnellen. Gleichwohl gilt dieser einfache direkte Stoß, der weder feine Finten noch besondere Feinheit des Handgelenkes verlangt, der lediglich darin besteht, die Waffe geradeaus zu stoßen, für eine der schwierigsten Attacken beim Stoßfechten. Gleich der Katze, welche die Maus belauert, muß der Fechter, der seinen Gegner beobachtet, genau den Moment erfassen, in dem sich die Gelegenheit bietet, bei Gefahr den rechten Augenblick zum Stoß zu verpassen. Man muß freilich selbst gefochten haben, um den Wert des unendlich kleinen Bruchteils einer Sekunde zu würdigen, wenn es gilt, eine Attacke in dem Augenblick anzubringen, in dem der Gegner sich nicht deckt: die Vorstellung des Stoßes und seiner Ausführung müssen sich sozusagen blitzschnell verschmelzen.

Man bezeichnet die plötzliche Streckung des Kniegelenks,

die den Körper des Fechters vorwärts schnellt, und die plötzliche Streckung des Arms, welche die Klinge an das erstrebte Ziel bringt, als „*Losgehen*“ (détente).

Nun läßt sich „das Los“ nur erzielen um den Preis eines fast augenblicklichen Gehorsams der Muskeln gegenüber dem Willen. Die Fechter haben einen besonderen Ausdruck, mit dem sie die Fähigkeit eines Fechters, im gewollten Moment plötzlich aus absoluter Unbeweglichkeit zur schnellsten Bewegung überzugehen, bezeichnen; sie sagen, er hat das „Losgehen“ heraus (il a du départ). Fechter, die das „Losgehen“ nicht heraus haben, verstehen zwar oft einen Stoß zu beurteilen und den Augenblick, in dem sie losgehen müßten, genau zu erkennen, aber Arm und Beine gehorchen ihnen nicht schnell genug. Der Stoß wird rechtzeitig beschlossen, aber zu spät ausgeführt.

Das „Losgehen“ der Muskeln und die Augenblicklichkeit der Bewegung fordern eine beträchtliche Nervenarbeit, für die uns gewisse physiologische Tatsachen die Erklärung geben.

Der Muskel gehorcht dem Willen, der ihm eine Bewegung befiehlt, niemals augenblicklich. Dies ist eine von Helmholtz im Jahre 1850 entdeckte Tatsache. Dieser Physiologe hat bewiesen, daß ein meßbarer Zeitraum zwischen dem Augenblick der Reizung und der Kontraktion des Muskels abläuft, wenn man einen bestimmten Punkt der motorischen Nerven mit Hülfe von Elektrizität reizt. Dieser *Verzug* des Muskels ist zum Teil auf die Zeit zurückzuführen, welcher die elektrische Erregung bedarf, um den Nerven zu durchlaufen; wenn man aber die Dauer dieses Verlaufes, die man exakt messen kann, in die Rechnung einsetzt, so ergibt sich noch ein meßbarer Rest der Zeit, während welcher der vom Strom bereits erreichte Muskel noch nicht in Kontraktion tritt. Helmholz hat dieser Periode des Schweigens, während welcher das Bewegungsorgan, obwohl es den Anruf des Willens bereits vernommen hat, noch nicht mit einer Bewegung darauf antwortet, den Namen: „verlorene Zeit“ gegeben.

Nun können verschiedene Umstände die Dauer dieser Zeit verschieden und den Gehorsam des Willens gegenüber dem empfangenen Reiz langsamer oder prompter gestalten. Die

wirksamste Bedingung um die verlorene Zeit abzukürzen, ist die Heftigkeit, mit welcher die Muskelfaser erregt wird.

Nehmen wir an, das Bewegungsorgan werde durch eine elektrische Einwirkung gereizt. Wenn die verlorene Zeit $^2/_{100}$ Sekunde bei einem Strom von bekannter Stärke beträgt, so wird sie auf $^1/_{100}$ reduziert bei Verdoppelung der Stromstärke.

Ist der Wille der Erreger des Muskels, so muß dasselbe Gesetz für die Dauer der latenten Reizung gelten, und die verlorene Zeit wird um so kürzer sein, je stärker die Reizung durch den Willensbefehl, d. h. je heftiger die Erschütterung der Hirnzellen und Nervenfasern ist. Die Willensanstrengung wird also in dem Maße intensiver sein müssen, in dem man eine plötzlichere Bewegung beabsichtigt, wie es sich auch sonst mit der Schnelligkeit dieser Bewegung und der Stärke der Muskelanstrengung verhalten möge, die beabsichtigt wird.

Schreiten wir weiter vor im Studium dieses merkwürdigen Phänomens der verlorenen Zeit. Der Muskel im Ruhezustand ist einem eingeschlafenen Diener zu vergleichen, der, bevor er den Befehl seines Herrn ausführt, aus dem Schlummer erweckt werden muß. Wir haben gesehen, daß eine zu schwache Reizung ihn träge bleiben läßt, — er bleibt sozusagen im Schlafzustande. Umgekehrt wird eine heftige Erschütterung ihn auf den ersten Schlag munter machen und seinen prompten Gehorsam erzwingen. Dieselbe Aufmerksamkeit auf unseren Befehl werden wir erzielen können, wenn wir ihn durch einen vorher erteilten Auftrag wachsam halten; er wird sich dann bereit halten, auf den leisesten Anruf zu antworten.

Nun beweisen die Versuche im Laboratorium, daß man im Muskel, wenn man ihn einer Reihe von sehr leichten elektrischen Reizungen aussetzt, einen eigentümlichen Zustand hervorrufen kann, der noch keine Tätigkeit, aber auch keine Ruhe mehr ist und der ihn disponiert, in Kontraktion zu treten ohne Zeit zu verlieren, auf den ersten energischen Anreiz hin, der ihn trifft.

Man bezeichnet diesen Zustand des so reizbar gewordenen Muskels als *latente Reizung*.

Bei einem Fechter, der den Augenblick der Attacke ins Auge

faßt, befinden sich sämtliche Glieder in diesem physiologischen Zustande, der nicht mehr Ruhe und noch nicht Bewegung ist. Aber diese Art von tätiger Bewegungslosigkeit kann nur auf Kosten einer unausgesetzten Nervenarbeit, einer unaufhörlichen Reizung, die von der grauen Hirnsubstanz ausgeht, erhalten werden.

Während der Fechter auf der Lauer den Anschein vollkommener Ruhe bietet, stehen sein Gehirn und seine Nerven unter dem Einfluß einer außerordentlichen Spannung. Gleich einer Leydener Flasche, die sich lädt, bilden seine Muskeln gewissermaßen einen Vorrat von Nervenstrom, damit im günstigen Augenblicke der Wille unverzüglich eine Bewegung zur Explosion bringen kann. So stark ist der Nervenaufwand, den ein einfacher, rechtzeitig angebrachter gerader Stoß dem Fechter kostet.

Dieser Aufwand erlangt manchmal noch größere Proportionen in gewissen Phasen des Waffenganges, in denen man nicht mehr eine einfache und elementare Bewegung ausführt, wie z. B. die Ausstreckung des Arms in gerader Linie, sondern eine Reihe von komplizierten Muskelakten, z. B. eine zusammengesetzte Parade nebst nachfolgendem Gegenstoß. In diesem Falle müssen mehrere komplizierte Bewegungen in einem gegebenen Augenblick rasch aufeinander folgen und zu einem einzigen ebenso genauen wie plötzlichen Muskelakt verschmelzen. Die Ausführung eines solchen Fechtersatzes nimmt dann durchaus den Charakter einer intellektuellen Tätigkeit an.

Nachdem man mit der Klinge des Gegners Fühlung genommen hat und nunmehr glaubt, sein Spiel beurteilen zu können, reizt man ihn oft zu einer Attacke an, in der Absicht, sie mit einem bestimmten Gegenstoß zu erwidern, in dem man überlegen ist. Man stellt sich, als ob man weiche, gibt sich eine Blöße, und wenn der Gegner im Vertrauen hierauf in der Linie angreift, die man ihm preisgibt, schlägt man seine Klinge durch eine rasche Parade ab, und der Nachstoß trifft unvermeidlich. Man war eben vorbereitet: man hatte die Parade und den Gegenstoß *in der Hand*. Die Bewegung war von vornherein zusammengestellt und eine Reihenfolge von oft sehr komplizierten Muskel-

kontraktionen lief nach einem vollkommenen Befehl mit tadelloser Genauigkeit und überraschender Geschwindheit ab.

Diese Arbeit der vorbereitenden Koordination erfordert einen großen Aufwand von Nervenkraft. Wer jemals ein Florett gehandhabt hat, wird sich leicht darauf besinnen, wie außerordentlich groß die Spannung des Nervensystems beim Fechter ist, der die Gelegenheit abwartet, einen lange vorbedachten Nachstoß anzubringen. Man muß, um sich davon Rechenschaft zu geben, diese innere Anstrengung selbst durchgemacht haben, welche die Muskeln in beständiger Spannung hält, in einer Erregung, die stark genug ist, um ihren strikten Gehorsam im Moment zu fordern, aber zu schwach, um ihre Tätigkeit vor Eintritt des Momentes auszulösen. Und dieser Moment, den man nicht verpassen darf, dauert nur den Bruchteil einer Sekunde!

Ist es nicht „Kopfarbeit", was die Vorstellung der komplizierten Bewegung, die er machen will und welche die Linien, die seine Klinge schreiben soll, seiner Einbildungskraft sichtbar vorschreibt, bis zum günstigen Augenblick im Geiste des Fechters zurückhält? Zwischen dem Augenblick, in dem er seine Parade und Antwort zusammengestellt hat, und demjenigen, in dem er die Gelegenheit ergreift, die eine wie die andere auszuführen, werden die verschiedensten Bewegungen durchgeführt, werden Finten versucht in der Absicht, der Aufmerksamkeit des Gegners eine Falle zu stellen; aber bei allen diesen Bewegungen, die doch immerhin eine ununterbrochene Aufmerksamkeit beanspruchen, hat er stets seine Parade in der Hand behalten, um die günstige Gelegenheit zu benutzen.

So lauert auch ein Mensch, der ein Wort „zu seiner Zeit" anbringen will, auf den geeigneten Moment, verfolgt die Unterhaltung, sucht sie zu lenken und hat während des ganzen Gesprächs immer schon den Satz auf den Lippen, mit dem er aufwarten will.

Aber die witzigste Bemerkung verfehlt ihre Wirkung, wenn sie nicht passend im Moment einfällt; ebenso muß der geschickteste Nachstoß beim Stoßfechten mißraten, wenn er nicht im richtigen Zeitpunkt ausgeführt wird. Erschlafft die Aufmerk-

samkeit des Fechters auch nur für einen Augenblick, lassen die Muskeln, die den Stoß ausführen sollen, nach, auch nur für den Bruchteil einer Sekunde, unter dem Einfluß der vom Gehirn aus strömenden latenten Reizung zu stehen, so hört auch der Fechter sofort auf, seine Parade „zur Hand" zu haben. Und wenn sich in diesem Augenblicke die Gelegenheit bietet, den vorbereiteten Gegenstoß anzubringen, so findet er, daß seine Muskeln die Bereitschaft verloren haben, dem Willensbefehl augenblicklich zu gehorchen; die Bewegung hat nicht die Plötzlichkeit und Präzision, die allein den Erfolg sichern.

Nur um den Preis der angreifendsten Anspannung kann ein Fechter seine Muskeln so auf Wache halten, um ins Spiel zu treten, indem er zugleich gegen seine Hand ankämpft, um sie bis zum gewollten Augenblick am Abzug zu hindern.

Der Freiherr v. Bazancourt[1] teilt ein Mittel mit, die Lieblingsparade des Gegners zu erraten, diejenige, die er „in der Hand" hat. Er gibt den Rat, eine lebhafte Attacke zu markieren, indem man überraschend den Arm ausstreckt und ihn ungestüm vorwärtsschnellt, aber doch den Angriff nur halb ausführt, so daß man sich keinem Nachstoß des Gegners aussetzt. Diese „falsche Attacke" hat den Erfolg, die instinktive Äußerung der Bewegung zu erzwingen, welche der Gegner vorbereitet hat. Die Armmuskeln, die schon mehrere Minuten lang unter dem Einfluß einer intensiven latenten Koordinationsarbeit standen, sind, hingerissen durch eine unfreiwillige Bewegung zur Abwehr der Degenspitze des Gegners ins Spiel getreten, obgleich letztere nicht ihr Ziel erreicht haben würde. Die Klinge hat im leeren Raum eine rasche Evolution ausgeführt, die erkennen läßt, von welcher Parade der Fechter Gebrauch machen wollte.

Die latente Koordinationsarbeit, die wir zu analysieren versucht haben, wiederholt sich bei allen Übungen, die einen Kampf einschließen, wie z. B. beim Säbelfechten, beim Stockfechten, beim Boxen, und um sich eine genaue Vorstellung von der Kraftausgabe zu machen, die solche Übungen, bei denen es einen Angriff zu machen gilt, erfordern, darf man nicht nur an

[1] Bazancourt, Les Secrets de l'épeé.

die Energie der Muskelbewegungen denken, sondern muß auch den Aufwand an Nerveneinfluß in Anschlag bringen.

Neben der zur Erzeugung der Bewegung benutzten Muskelkraft hat man die Nervenkraft anzusetzen, die von dem Augenblick an, wo die Bewegung gewollt wird, bis zum Augenblick, wo sie ausgeführt wird, verausgabt wird; neben der Nervenreizung, die sich nach außen in eine Muskelkontraktion umsetzt, hat man die latente Reizung zu verzeichnen, die den Muskel scheinbar im Zustande der Ruhe läßt, ihn aber darauf vorbereitet, mit größerer Plötzlichkeit auf den Willensanruf zu antworten.

Wollen wir diese Folgerung in einer weniger wissenschaftlichen Form, aber unter einem packenden Bilde unterdrücken so können wir behaupten, daß diese Übungen mehr mit den Nerven, als mit den Muskeln ausgeführt werden.

Daraus ergeben sich die ganz besonderen Wirkungen solcher Übungen auf das Nervensystem.

Jedermann hat die Erfahrung machen können, daß die Ermüdung nach einem ernsten Waffengang ganz außer Verhältnis zu der aufgewandten Muskelarbeit steht. Die Fechter, die sichere Stöße zu machen suchen, machen keine heftigen Bewegungen; ihr Spiel ist nüchtern; sie beobachten mehr, als sie arbeiten. Und doch ermüdet sie ihre aufmerksame Unbeweglichkeit stärker, als den Neuling im Fechten seine Gestikulationen und Sprünge, seine mannigfaltigen, wunderlichen Evolutionen angreifen.

Dies beruht darauf, daß beim Fechten der Kraftaufwand weniger in der Ausführung von Muskelakten als in deren Vorbereitung besteht. Überhaupt bildet das Fechten den Musterfall aller Übungen, die mehr auf die Nerven als auf die Muskeln angewiesen sind.

Wenn die Anfänger aus ihren ersten Stunden ein allgemeines schmerzhaftes Gefühl in allen Gliedern mit nach Haus bringen, so ist das die unvermeidliche Steifigkeit, die jeder ungewohnten Übung nachfolgt. Aber der gewohnheitsmäßige Besucher des Fechtsaales verspürt, wenn er das Fechtzeug ablegt, keineswegs jene Zerschlagenheit aller Muskeln, welche alle Kraft-

übungen nach sich ziehen. Dahingegen wird er nach einem ernsthaften Gange niemals einer Art momentaner Ermattung, einer charakteristischen Erschlaffung entgehen, die man als *nervöse Ermüdung* bezeichnen kann.

Das Gefühl der nervösen Ermüdung unterscheidet sich durchaus von demjenigen, das nach schweren Arbeiten, die einen materiellen Kraftaufwand erfordern und nach Übungen eintritt, welche mehr die Muskeln als die Nerven arbeiten lassen. Dieses Gefühl, das man nicht vergißt, wenn man es erlebt hat, läßt sich schwer beschreiben, wie alle Nuancen des Empfindungslebens. Will man sich davon durch Vergleich mit einer bekannteren Empfindung eine Vorstellung machen, so kann man sagen, daß es jener Ermattung ähnelt, die auf rein seelischem Gebiet jeglicher langdauernden Anspannung des Willens nachfolgt, wenn man z. B. lange gegen den Zwang eines fremden Willens angekämpft hat oder wenn man seinen Geist lange auf die Lösung eines schwierigen Problems konzentirert hat. Die nervöse Ermüdung bietet Varianten je nach Umständen und Temperament. Sie kennzeichnet sich gewöhnlich durch eine gewisse Niedergeschlagenheit und momentane Erschöpfung, sie kann sich aber auch in einer vorübergehenden Überreiztheit äußern, die derjenigen gleicht, die man bei sehr geschwächten Patienten beobachtet und die von den Medizinern als Zustand *reizbarer Schwäche* bezeichnet wird.

Diese besondere Form der Ermüdung, die mit Übungen verknüpft ist, welche viel Nervenarbeit fordern, entspringt aus der Erschütterung derjenigen Nervenzellen, welche die willkürlichen Bewegungen leiten, wie die geistige Ermüdung aus übermäßiger Tätigkeit der Zellen entspringt, welche bei der geistigen Arbeit ins Spiel treten.

Nun haben beide Arten von Zellen ihren Sitz in der grauen Hirnsubstanz. In Wahrheit also ist es das Gehirn, das die Ermüdung infolge von Übungen, die großen Aufwand von Nervenarbeit fordern, erleidet.

Aus diesem Grunde dürfte das Fechten sich nicht für geistig angestrengte Männer, noch weniger für Knaben eignen, deren Gehirn übermäßig beschäftigt wird, und es bildet die letzte

Übung, die man Leuten von sehr reizbarem Temperament anraten könnte, es sei denn, daß es sich darum handelt, unbeschäftigten Gehirnen, unruhigen Geistern, deren Tätigkeit mangels nützlicher Beschäftigung sich gegen sie selbst richtet, eine Ablenkung zu beschaffen. In diesem Falle kann das Fechten ein wertvolles Ablenkungsmittel werden, indem es ebenso wie eine Geistesarbeit den Überschuß von Nervenkraft, der den müßigen Geist in Unruhe versetzt, aufzehrt.

Die Fechtkunst eignet sich, wie alle Übungen, die das Nervensystem erregen, ausgezeichnet für alle Leute, die mager werden wollen. Zu den wichtigsten Funktionen des Nervensystems gehört die Regulierung des Ernährungsvorganges; jede Nervenanspannung, jeder übermäßige Verlust an Nervenkraft setzt die Energie des Ernährungsvorganges herab und begünstigt die Bewegung der „Denutrition", mit anderem Worte, der Abmagerung.

Auch seelische Erschütterungen, anhaltende Sorgen, hemmen, da sie einen Verlust an Nervenstrom veranlassen, die Ernährungsfunktionen und machen mager. Derselbe Mechanismus führt dasselbe Ergebnis herbei bei solchen Übungen, die einen großen Aufwand von Nervenkraft fordern. Es ist merkwürdig zu beobachten, wie Tiere, deren Lebensweise sie zu ähnlichen Bewegungen wie das Fechten nötigt, den Vorzug genießen, nicht fett zu werden.

Haben Sie sich jemals die Frage vorgelegt, wie Katzen mit ihrer sprüchwörtlichen Trägheit eine so große Geschwindigkeit und Lebhaftigkeit verbinden können? Untätigkeit der Muskeln führt doch bei allen Tiergattungen ebenso wie im Menschengeschlecht die Tendenz zum Fettwerden und zu schwerfälligen Bewegungen mit sich; ein Hund, der nicht jagt, ein Pferd, das im Stalle bleibt, unterliegt der Fettbildung und wird weniger geschickt zu anstrengender Arbeit. Selbst die wilden Tiere verlieren sehr bald ihre schlanke Form und die Geschmeidigkeit ihrer Bewegung, wenn man sie im Käfig hält, wo sie der erzwungenen Ruhe einer zahmen Lebensweise unterworfen sind. Warum entzieht sich die Katze diesem allgemeinen Gesetz und warum wird sie ungeachtet der Unbeweglichkeit, in der sie

so oft zu faulenzen scheint, viel seltener fett, als der Hund und das Pferd? Weil ihre Unbeweglichkeit keine Untätigkeit ist, weil ihre Nerven arbeiten, während die Muskeln in Ruhe zu sein scheinen. Dem Fechter gleich, der auf den Moment zur Attacke wartet, ist die Katze beständig sprungbereit. In jedem Augenblick belauert sie irgend etwas: eine Ratte, eine Fliege, den Braten. Eine Zimmerkatze macht vielleicht nur drei oder vier Sprünge am Tage, aber jedem ihrer Sprünge sind eine oder zwei Stunden *latenter* Arbeit vorhergegangen. Wenn man glaubt, das Tier sei in angenehme Träumerei versunken, so überlegt es einen Fang, berechnet die Entfernung des Sprungs und hält seine Muskeln für alle Fälle bereit. So läßt es sich niemals überraschen. Wenn z. B. der kleine Vogel aus dem Käfig entkommt, so ist er binnen drei Sekunden gefaßt und gefressen. Die Katze umlauerte ihn seit acht Tagen: wenn sie scheinbar schläft, so liegt sie auf der Lauer.

V. DIE KOORDINATIONSARBEIT BEI DER ÜBUNG

Die schwierigen Übungen · der Kunstgriff bei der Übung · Der Umschwung am Trapez · Die Erlernung der Bewegungen; die Präzision in den Muskelakten · Rolle des Gehirns und der seelischen Vermögen bei der Koordination der Bewegungen · Eine Tanzstunde · Die Erziehung der Muskeln: Ersparnis von Muskel- und Nervenkraft bei gleicher Arbeit · Vervollkommnung des Muskelsinns · Der Veitstanz · Hygienische Rolle der schwierigen Übungen; ihr Nutzen · Welche Subjekte sie zu unterlassen haben: häufig begangener Irrtum in der Auswahl von Übungen

Der Wille ist nicht das einzige Seelenvermögen, das bei der Ausführung der Bewegungen in Betracht kommt: seine Rolle beschränkt sich darauf, den Muskelakt zu beschließen und den Muskel anzureizen; aber andere Faktoren müssen hinzutreten, um die Muskelakte zu regeln, zu lenken und abzuwägen.

Jede Bewegung fordert die Beteiligung einer sehr großen Anzahl von Muskeln, und jeder Muskel, der ins Spiel tritt, muß sich mit einer ganz bestimmten Kraft zusammenziehen, wenn die Gesamtarbeit zu einer richtig einsetzenden Bewegung führen soll. Man bezeichnet die Tätigkeit, welche bezweckt, die Muskeln, die an der Bewegung teilnehmen sollen, auszusuchen, das Verhältnis ihrer Mitarbeit zu regeln und genau die Menge des Nervenstroms an sie zu verteilen, die nötig ist, um eine weder zu schwache noch zu starke Kontraktion zu erzielen, als *Koordinationsarbeit*. Diese Arbeit wird vom Gehirn verrichtet.

Schwierig sind immer solche Übungen, bei denen es mehr auf eine geschickte Koordination der Bewegungen, als auf einen großen Kraftaufwand ankommt. Das Reiten, das Fechten, das Geräteturnen sind schwierige Übungen, sofern sie mehr Geschicklichkeit als Kraft erfordern.

I

Sieht man, mit welcher Leichtigkeit die kompliziertesten Verrichtungen des täglichen Lebens vollzogen werden, so wird man versucht, zu glauben, daß jeder Muskel seine von vornherein gegebene Bestimmung hat und derart mit dem Willen verkettet ist, daß es genügt, einen Körperteil in einer gewissen Richtung bewegen zu wollen, um auch sofort die Muskelgruppe zu finden, der die Ausführung dieser Bewegung anvertraut werden muß. Man vergißt, daß die gewöhnlichsten Bewegungen des täglichen Lebens, die man mit größter Leichtigkeit ausführt, ursprünglich mühselig erlernt und linkisch und schwer ausgeführt wurden, bevor sie uns infolge langer Praxis sozusagen natürlich und automatisch geworden sind. Die schwierigen Übungen setzen meistens Körperstellungen voraus, an die der Mensch nicht gewöhnt ist, neue Bewegungen, zu denen er seine Glieder noch nicht gebraucht hat. Es bedarf allemal einer Lehrzeit, um die neuen Kombinationen im Spiel der Muskeln zu finden. Gewisse seit langer Zeit an Zusammenarbeit gewöhnte Muskelgruppen müssen bei gewissen Turnübungen wieder getrennt werden, während man andere Gruppen, die bis dahin noch nie zusammen gearbeitet haben, für denselben Zweck zu vereinigen hat. Ein Mensch, der es versucht, auf den Händen zu gehen, muß eine ihm völlig neue Körperhaltung suchen und Bewegungs- und Gleichgewichtskombinationen entdecken, denen sein Körper sich noch niemals gefügt hatte. Verfügte er auch über eine athletische Kraft, so wird es ihm sicherlich nicht beim ersten Versuch gelingen. Keine Energie in der Muskelanstrengung vermag die Lehrzeit zu ersetzen; denn in dem angeführten Beispiel kommt es mehr auf Geschicklichkeit an als auf Kraft. Bei jeder neuen Bewegung, bei jeder unbekannten Körperhaltung, die schwierige Übungen dem Subjekt aufgeben, müssen die Nervenzentren unter den Muskeln eine Art Auslese treffen, indem sie diejenigen aussondern, die im Wege stehen. Auch die Knochen, auf welche die Muskeln einwirken, müssen in eine der Ausführung des beabsichtigten Aktes vollkommen angepaßte Lage gebracht werden; eine größere oder geringere Neigung der Hebel

kann diesen Akt begünstigen oder umgekehrt unmöglich machen. Schließlich müssen alle mitwirkenden Körperteile, die Glieder, die Wirbelsäule oder das Becken mit Genauigkeit einer zum andern bestimmte Ortsveränderungen vornehmen, deren Resultante die zur schließlichen Durchführung der Übung günstigste Haltung ist.

Wenn man eine unbekannte Bewegung zum ersten Male ausführt, so scheint es anfänglich, als ob die Muskeln, die in den gewöhnlichen Verrichtungen des Lebens so gelehrig sind, widerspenstig gegen die Befehle des Willens geworden wären. Wenn die Muskeln schließlich gehorchen, so scheinen die Knochen ihrerseits sich zu weigern, sich in die gewollte Richtung einzustellen, und der ganze Körper kann den heftigsten Anstrengungen zum Trotz die gewünschte Haltung nicht genau zustande bringen.

Beim Turnen ist eine der beliebtesten Übungen der sog. *Aufzug* am Trapez oder Reck. Knaben, die ihn erlernt haben, führen ihn mit der größten Leichtigkeit aus, und er fordert nur einen begrenzten Kraftaufwand. Dieser Umschwung besteht darin, daß man sich mit den Händen an einer hölzernen Stange aufhängt, danach die Beine und schließlich den ganzen Körper über diese Stange bringt und die Bewegung fortsetzt, bis der Körper in die Anfangsstellung zurückgelangt ist. Man kann mit dem kräftigsten und gewandtesten Menschen, der diese Bewegung noch nicht ausgeführt hat, darauf wetten, daß er sie beim ersten Versuch nicht zustande bringt.

Der junge Turner, der an den Armen hängt, bemüht sich vergeblich, die Anweisung seines Lehrers auszuführen. Er weiß nicht, wie er es anfangen soll, seinem Rumpf die Schwungbewegung zu geben, mit deren Hülfe er die Beine über die Stange zu bringen hat. Augenscheinlich kostet es dem Turnschüler bei seinen Muskelanspannungen eine Gehirnanstrengung, er tastet sozusagen, versucht bald diesen, bald jenen Muskel ins Spiel zu bringen. Beobachtet er sich dabei selbst, so wird er vollkommen das Bewußtsein einer Arbeit auf geistigem Gebiet haben, seine Nervenzentren scheinen die Lösung eines Problems zu suchen, das man folgendermaßen formulieren könnte: welche Muskeln muß man kontrahieren, um den Rumpf aus der senkrechten

Lage in eine horizontale zu bringen? — Die Beantwortung dieser Frage gelingt in der Regel erst nach langem Tappen; aber fast immer wirkt es wie eine Überraschung, wenn das Problem gelöst ist, wenn die Bewegung endlich ausgeführt werden kann. Man hat dann nicht die Empfindung, eine größere Anstrengung gemacht, sondern nur sich geschickter angestellt zu haben als zuvor. Der Wille ist, nachdem er mehrere Muskelgruppen erfolglos eingesetzt hatte, endlich dahin gelangt, diejenigen Muskeln, die wirklich fähig waren, den gesuchten Erfolg herbeizuführen, in ihrer Gesamtheit richtig zu gruppieren.

So legt ein Mensch, der lange Zeit den Mechanismus, der einen geheimen Verschluß öffnet, untersucht hat, endlich den Finger auf den Knopf und bringt die richtige Feder ins Spiel.

Die soeben gegebene Analyse erklärt uns eine Seite der Koordinationsarbeit: die Ausführung einer dem Subjekt bislang unbekannten Bewegung.

Aber hierauf beschränkt sich die Arbeit der Nervenzentren bei schwierigen Übungen nicht. Neben der Erlernung neuer Bewegungen gilt es noch die schon bekannten zu vervollkommnen.

Viele Übungen fordern eine große Präzision der Bewegungen. Es handelt sich weniger darum, die Muskeln auszuwählen, die handeln müssen: es gilt aufs genaueste die Intensität ihrer Kontraktion zu bestimmen, damit das Glied, das sie bewegen, weder vor dem Ziele bleibt noch darüber hinausgeht. Man muß die Intensität der Muskelanstrengung auf die zu durchlaufende Entfernung einstellen und vielfach auch die Richtung selbst noch genauer abschätzen als die Entfernung. Sämtliche Geschicklichkeitsübungen fordern diese Arbeit der Anpassung der Bewegungen an eine bestimmte Richtung oder an eine bestimmte Entfernung. Das Fechten, das Boxen, das Stockspiel fordern eine richtige Abwägung der Kräfte, welche die Bewegung bestimmen, da die Resultante d. h. die endgültige Richtung des Armes oder Beines bis auf wenige Millimeter zutreffen muß.

Man bezeichnet als Koordinationsarbeit die Tätigkeit, welche bezweckt, die verhältnismäßige Anstrengung jeder Muskelgruppe zu regeln, indem sie an jeden Muskel diejenige Quantität

von Nervenstrom verteilt, die erforderlich ist, um eine weder zu schwache noch zu starke Kontraktion auszulösen.

Diese Arbeit ist durchaus verschieden von der Muskelarbeit im eigentlichen Sinne, sie gleicht mehr einer geistigen, als einer rein körperlichen Tätigkeit. Sie läßt zum größten Teil geistige Fähigkeiten und die zartesten Teile des Zentralnervensystems ins Spiel treten. Man kann sie nicht mit dem Dynamometer messen, muß sie aber mit veranschlagen, wenn man genau die von dem Subjekt verausgabte Kraft einschätzen will.

Ein naheliegendes Beispiel aus der Gymnastik kann uns die verschiedenen geistigen Fähigkeiten, die bei der Koordinationsarbeit in Frage kommen, veranschaulichen.

Ein Clown bereitet sich vor, vom Stand aus auf eine enge Plattform von bedeutender Höhe zu springen. Beobachten Sie seine vorbereitenden Bewegungen! Er bleibt einen Augenblick bewegungslos, wie wenn er zauderte; seine unteren Gliedmaßen beugen und strecken sich zu wiederholten Malen, indem sie auf der Stelle den heftigen Schwung sozusagen vorzeichnen, den sie sich geben wollen. Er scheint zu tappen, indem er die notwendige Anstrengung abwägt, die er zu machen hat, um die Plattform genau zu erreichen, ohne darüber hinauszuspringen. Je mehr Präzision der Sprung fordert, um so deutlicher tritt diese vorgängige Wiederholung zutage, welche dem Auge des Zuschauers die innere Arbeit verrät, die sich in dem Artisten vollzieht. Sein Auge mißt die Entfernung ab, er berechnet die notwendige Schwungkraft, um sie zu durchmessen, und versucht den Grad der Muskelkontraktion zu bestimmen, der ihr genau zukommt.

Die Reizbarkeit des Muskels und der ihm benachbarten Teile, der Nerven und der Haut, gibt dem Springer die genaue Vorstellung der Intensität der vorbereiteten Kontraktion; die Erinnerung an die bei Zurücklegung einer gleichen Distanz oftmals gemachte Anstrengung gestattet ihm durch vergleichendes Urteil diejenige Anstrengung abzumessen, die er einsetzen muß, und erst nach rascher Vollziehung dieses Urteils schwingt er sich hoch und erreicht das Ziel.

Somit fordert jede koordinierte Bewegung das Zusammen-

wirken von drei Hauptfähigkeiten: Feinfühligkeit für die Intensität der Muskelarbeit, Urteilskraft zur Abschätzung des wahrscheinlichen Erfolgs und Willenskraft zum Beschluß der Bewegung und zur Ausführung.

In der Regel werden die Muskelakte während ihrer Ausführung nach Maßgabe ihrer Aufeinanderfolge koordiniert. Dies ist bei langsamen Bewegungen zu beobachten. In allen Fällen jedoch, wo eine Bewegung sehr rasch und plötzlich sein muß, muß die Koordination vorher stattfinden. Die Muskeln müssen in diesen Fällen vorbereitet werden; sie empfangen von den Nervenzentren eine latente Reizung, die zu schwach ist, um eine Kontraktion auszulösen, aber stark genug, um sie sozusagen wachsen zu machen. Es ist eine Weisung, auf Grund deren das Bewegungsorgan, als wachsamer Posten, beim ersten Signal in Tätigkeit tritt.

Nur um den Preis dieser unausgesetzten Einwirkung des Nervenstroms können plötzliche Bewegungen mit vollkommener Sicherheit und richtiger Abmessung ausgeführt werden. Wenn ein Muskelakt zugleich plötzlich und unvorbereitet ist, so trägt er den Stempel der Unordnung und ist nach Intensität und Koordination dem Umstande, der ihn veranlaßt, nicht gewachsen. Ein durch unerwarteten Knall erschrecktes Pferd will einen Sprung machen, um zu fliehen, aber seine Muskeln sind nicht darauf vorbereitet, seine Glieder finden nicht augenblicklich die gewollte Richtung; anstatt sich fortzuschnellen, kommt das Tier zum Sturz.

Man kann vom physiologischen Gesichtspunkt aus die schwierigen Übungen mit einem Satze kennzeichnen, indem man sagt, daß sie eine Koordinationsarbeit fordern. Die Koordinationsarbeit hat unmittelbar den Erfolg, Kräfte zu sparen, indem sie die Muskelarbeit regelt, von jedem Muskel nur genau den Anteil fordert, der ihm bei der Übung zufällt, unnütze Kontraktionen unterdrückt und die Knochenhebel in der günstigsten Richtung für das Gelingen der Bewegung einstellt.

Die Fähigkeit zur Koordination vervollkommnet sich, wie alle physiologischen Fähigkeiten, schnell durch die Übung, und hieraus entspringt bei dem Menschen, der sich Schwierigkeits-

übungen widmet, eine größere Erleichterung der Arbeit. Bei gleicher Kraftausgabe vollbringt ein geschickter Turner eine größere Arbeitsleistung als ein ungeschickter Mensch, oder, wenn man will, wendet er weniger Kraft auf, um dieselbe Arbeit zu verrichten.

Ein Mensch, der sich in Gewandtheitsübungen hervortut, ist eine Maschine, deren Arbeitsertrag gesteigert ist; die verlorene Arbeit ist bei ihm auf ein Minimum reduziert.

Ungezwungenheit der Bewegungen ist eine ganz natürliche Konsequenz der Gewöhnung an schwierige Übungen. Eine Bewegung ist ungezwungen, wenn nichts sie erschwert oder hemmt. Der geübte Turner zeichnet sich vor allem dadurch aus, daß er jede Muskelanspannung unterdrückt, die nicht unmittelbar zur Ausführung der Bewegung mitwirkt. Bei den Bewegungen des ungeschickten Menschen werden viele Muskeln in ihrer Tätigkeit gehemmt durch das unangebrachte Dazwischentreten antagonistischer Muskeln. Einen großen Teil der Kraft, die er aufwendet, muß er dazu verwenden, den Widerstand zu brechen, den seine eigenen Muskeln seinen Bewegungen entgegensetzen. Der Anfänger im Schwimmen entwickelt eine Kraft, die ein schweres Boot in Bewegung setzen könnte, und doch legt er kaum einige Meter zurück und hält erschöpft an. Seine ungeordneten Anstrengungen entspringen aus dem unnützen Kampf zwischen seinen Streckmuskeln, welche die Bewegung ausführen, und den Beugemuskeln, die sie ungeschickterweise hemmen.

Man muß selbst eine Übung betrieben haben, um bei ihr den ganzen Anteil, den die Koordinationsfähigkeit an der Arbeit hat, beurteilen zu können. Wie es ein Erlernen von Bewegungen gibt, die man nicht kennt, so auch eine Vervollkommnung der Bewegungen, die man kennt; es gibt eine Art zu marschieren, eine Art zu laufen, eine Art Gewichte zu heben mit dem geringsten Kraftmaß; eine leichte Änderung in der Haltung der Schulter oder des Ellenbogens, eine Biegung oder ein Aufrichten der Wirbelsäule sind ebenso viele dem Zuschauer unsichtbare Bewegungen, die der Ausführer der Übung verwertet, um seine Anstrengung manchmal um die Hälfte zu vermindern. Es gibt

nur eine Art und Weise die feinen Nüancen zu erfassen, welche die Bewegungen darbieten können: man muß sie selbst machen. Dann begreift man, daß jeder, auch der unbedeutendste Muskelakt, eine Menge von Varianten hat, die man beim bloßen Zusehen nicht erkennen kann.

Durch Erlernen gelangt man dahin, eine Auswahl zwischen diesen verschiedenen Verfahrungsweisen zu treffen, und man nimmt selbstverständlich diejenige an, welche die größte Kraftersparnis bietet.

So kann man schließlich lernen eine Übung ohne Ermüdung auszuführen, die beim Anfang eine der anstrengendsten zu sein schien.

Ein hervorstechender Zug der schwierigen Übungen, den man bei der Anwendung der Gymnastik zu Heilzwecken zu beobachten hat, ist eben dieser, daß ihre Schwierigkeit in dem Maße abnimmt, in dem sie geübt werden. Auch sind ihre Wirkungen sehr verschieden, je nachdem man sie mit Neulingen oder mit Menschen vornimmt, die in den Bewegungen, die sie erfordern, schon eingeübt sind. Gewisse Turnübungen, die zu Anfang eine große Ausgabe von Nervenkraft fordern, lassen sich nach Ablauf einer gewissen Zeit mit erstaunlicher Leichtigkeit ausführen.

Das Reiten ist eine Arbeit, die den Anfänger ermattet und geradezu erschöpft: für den ausgedienten Kavalleristen ist es nur noch eine sehr mäßige Übung. Das Rudern fordert eine gewisse Lehre, die um so länger dauern muß, wenn es sich um die Führung von leichten Fahrzeugen handelt, auf denen der Ruderer sich kaum im Gleichgewicht halten kann, Gig, sogenannten Seelenverkäufern usw.; aber nach Ablauf einer gewissen Übungszeit fordert es nur noch widerstandskräftige Muskeln. Derselbe Mensch, der anfänglich schon nach einer halben Stunde am Ende seiner Kräfte war, kann sechs Wochen später von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang unermüdlich rudern.

Die Verminderung der Ermüdung bei Übungen, die man viel betreibt, kommt in erster Linie von einer intelligenteren Anwendung der Muskeln, mit denen der Sportsmann viel Arbeit bei geringer Kraftausgabe zu leisten gelernt hat. Es gibt noch einen anderen Grund dafür, daß die Ermüdung weniger empfun-

den wird, die Nervenzentren brauchen nicht mehr so große Anstrengungen zu machen, um die besser erkannten Bewegungen auszuführen. Manche Arbeit, die beim Erlernen die ständige Mitwirkung bewußter Fähigkeiten verlangt, wird später verrichtet, ohne daß der Wille daran teilzunehmen scheint, sie wird automatisch. Man darf die Wirkungen einer Übung im Stadium der Lehrzeit nicht mit denen einer Übung vergleichen, die man erlernt hat. Tanzen ist ein Vergnügen, aber das Erlernen des Tanzes ist nicht minder eine geistige als körperliche Arbeit.

II

Die erste Wohltat der Gewohnheit schwieriger Übungen liegt in der Erziehung der Bewegungen. Alle Welt erkennt an, daß Ungelenkheit und Schwerfälligkeit eines Menschen durch Turnen schnell gemindert wird. Der Rekrut, der seinen schweren bäuerlichen Arbeiten entrissen ist, um Leibesübungen zu machen, verliert bald seine Schwerfälligkeit. Seine Muskeln, die anfangs nur langsam gehorchten und bei leichten Bewegungen zu viel Kraft aufwendeten, gehorchen bald mit einer gewissen Präzision und treten auf das Kommando ins Spiel. Sie erlangen eine neue besondere Disziplin und machen eine Lehrzeit durch, die ihre Tätigkeit prompter und leichter gestaltet.

Vertieft man sich in die Einzelheiten der Anwendung schwieriger Übungen, so trifft man mitunter auf Kranke, für die sie eine besondere Bedeutung erhalten: dies sind die von der Chorea befallenen Kinder. Bei dieser Krankheit hat der Patient jede Herrschaft über seine Muskeln verloren. Unwillkürliche Bewegungen beunruhigen ihn vom Morgen bis zum Abend, ungeachtet aller Anstrengung unbeweglich zu bleiben, andererseits verfehlen die gewollten Bewegungen ihre sichere Richtung, ermangeln der hinreichenden Kontrolle. Die Kranken stoßen Gegenstände, die sie nur berühren wollen, um, sie arbeiten sich ab und verrenken sich schon beim Gehen und haben mit einem Worte weder Maß noch Ziel bei ihren Muskelakten.

Die Chorea oder der Veitstanz gibt uns Gelegenheit, Individuen zu studieren, bei denen die Koordination der Bewegungen geschwunden ist. Um ihre zügellos gewordenen Muskeln wieder

zu disziplinieren, gibt es kein besseres Mittel als Übungen, die in jedem Augenblick eine strenge Kontrolle durch die Nervenzentren erfordern.

Aber abgesehen von ganz besonderen Fällen darf der Arzt keine Schwierigkeitsübungen verordnen. Sie können einen nützlichen Zeitvertreib bieten und selbst zu einer heilsamen Leidenschaft werden, durch die ein junger Mann vor gefährlichen Zerstreuungen gewahrt wird; sie können einem Manne Selbstvertrauen verschaffen, weil sie ihm zur persönlichen Verteidigung dienlich sind; sie können schließlich einen schwerfälligen Menschen gewandt und geschmeidig machen, aber sie werden niemals einem schwächlichen Menschen zu einem kräftigen Körperbau verhelfen.

Jede Übung ist bestrebt, den Organismus in einem ihrer Ausführung günstigen Sinn umzuformen und Typen zu schaffen, die besonders tauglich für ihre Vollendung sind. Dies ist eine Folge des physiologischen Gesetzes, kraft dessen „die Funktion ihr Organ schafft.“ Es genügt, das Muster der Gestalt zu kennen, die am besten für das Gelingen einer gegebenen Übung paßt, um daraus die richtige Folgerung zu ziehen, daß die Ausübung das Bestreben hat, die Körperbildung des Menschen, der sich einer bestimmten Übung befleißigt, im Sinne dieses Musters umzugestalten. Die Kraftübungen haben das Bestreben, den Menschen gewichtiger, die Schnelligkeitsübungen haben die Wirkung, ihn leichter zu machen. Man kann zwischen Tieren und Menschen entsprechende Bildungen finden, die in auffallender Weise einen Ausdruck der vorwiegenden Arbeit bieten. Der Lastträger und der Ringkämper sind gebaut wie der Stier oder das Wagenpferd; der englische Boxer wird dem Bulldoggen ähnlich, der Akrobat dem Affen.

Das Ergebnis der schwierigen Übungen ist dieses: sie haben die Wirkung, die Bewegungen geschickter und die Arbeit leichter zu machen. Aber gerade infolge der Kraftersparnis, die sich aus der erworbenen Gewandtheit ergibt, haben sie geringeren Einfluß auf die großen Funktionen des Organismus. Da sie die Kraftausgabe ersparen, so verringern sie auch die Wärmeausgabe, beschränken die Intensität der Verbrennungen und die

Erzeugung von Kohlensäure, die damit verbunden ist. Auf diese Weise wird das Atmungsbedürfnis wenig vermehrt und das „Außeratemkommen“ tritt seltener auf. Aus denselben Gründen wird auch der Blutumlauf bei Geschicklichkeitsübungen weniger beschleunigt als bei Kraft- oder Schnelligkeitsübungen. Schwierige Übungen haben also nicht den Erfolg, den Stoffwechsel und die Atmung intensiver zu gestalten.

Dahingegen liefern diese Übungen besondere Ergebnisse für das Nervensystem, die sich durch sehr bedeutende Mitwirkung der Innervation bei der Koordination der Muskeln erklären.

Stellt man sich auf den Standpunkt der bloßen Gesundheitslehre, so kann man behaupten, daß die Schwierigkeitsübungen bei weitem nicht denselben Nutzen haben wie Dauerübungen oder Schnelligkeitsübungen. Die Fälle, in denen der Arzt der Koordinationsarbeit den Vorzug vor der Kraftarbeit zu geben hat, sind selten.

Die Verfeinerung des Muskelsinns, die außergewöhnliche Gewandtheit der Bewegungen können in gewissen Umständen des Lebens vorteilhaft sein. Ohne Zweifel ist es wertvoll, den Degen führen zu können, wenn man den Kämpfen des Journalismus und der Rednertribüne Trotz bieten muß; wertvoll, im Falle einer Feuersbrunst wie ein Affe an einem schlaffen Seil klettern zu können; auch ist es nicht unangenehm, wenn unsere geringsten Bewegungen das Gepräge einer Gewandtheit haben, die unsere gesamte Körperhaltung elegant macht. Aber die bloße Hygiene steht auf einem ganz anderen Standpunkt. Um eine vollkommene Entwicklung zu erhalten, hat der Körper es nötig, daß der materiellste Teil der menschlichen Maschine kräftig ins Spiel gesetzt werde. Nun aber haben die Übungen, welche die Geschicklichkeit des Subjektes entwickeln, das Bestreben, den größeren Teil der Arbeit in die zartesten Teile des menschlichen Organismus zu verlegen. Sie führen zu einer Ersparnis des Aufwandes an Muskelkraft auf Kosten einer Mehrarbeit des Gehirnes und der Nerven.

Bei schwierigen Übungen müssen sich sämtliche seelischen Vermögen mit der Muskelarbeit verbinden. Daher entspringen

die am meisten charakteristischen Bedingungen der Schwierigkeitsübungen: sie fordern Gehirnarbeit; Urteil, Gedächtnis, Vergleichung, Wille, bilden die seelischen Faktoren, die ihre Ausführung bedingen. Das Gehirn, die sensitiven Nerven sind die leiblichen Organe, deren sehr tätige Mitwirkung bei ihnen unerläßlich ist.

Personen, deren Gehirn schon sowieso durch geistige Arbeiten in Anspruch genommen wird, sind daher die schwierigen Übungen nicht zu empfehlen. Wie kann man in der Tat erwarten, daß die Nervenzentren sich beruhigen und daß die Überreizung des Gehirns nachläßt unter dem Einfluß einer Übung, die das Gehirn und das ganze Nervensystem in Tätigkeit versetzt? Gleichwohl ist dies ein geradezu offiziell verbreiteter Irrtum. In unseren höheren Lehranstalten füllen schwierige Übungen nahezu drei Viertel des Turnprogramms aus. Sämtliche Übungen an Turngeräten fordern eine gründliche Erlernung. Das Reck, Trapez, die Ringe der Barren bilden geradezu den Schrecken gewisser Schüler, die nicht ihre Muskeln, sondern — ihr Gehirn abquälen, um schließlich dahin zu gelangen, eine schwierige Turnübung auszuführen, deren Gelingen zuletzt, wenn sie erst den Mechanismus begriffen haben, mit geringer Muskelarbeit verknüpft ist.

Zu viel Nervenarbeit und zu wenig Muskelarbeit! Das ist der Vorwurf, den man den meisten Übungen machen muß, die eine längere Lernarbeit fordern und die zurzeit in fast allen Erziehungsanstalten in der Mode sind.

VI. DER AUTOMATISMUS BEI DER ÜBUNG

Bewegungen, die sich ohne Beteiligung des Gehirns vollziehen · Die geköpften Tiere · Eigenartige Zirkusspiele des Kaisers Commodus · Organe, die automatisch funktionieren · Die unbewußten Bewegungen · Rolle des Rückenmarks · Die Bedingungen des Automatismus bei der Übung · Einfluß des Rhythmus: die taktförmigen Bewegungen · Die Tanzweisen · Einfluß der Erlernung · Notwendigkeit des Fehlens der Anstrengung bei den automatischen Bewegungen · Eine persönliche Beobachtung: der Automatismus beim Rudersport · Ausdauer des automatischen Akts · Das „Gedächtnis" des Rückenmarks · Wie die „Allüren" entstehen · Zähigkeit der erlangten Muskelgewohnheiten · Die Schnelligkeit beim Fechten · Zu langsam trainierte Rennpferde · Wirkungen des Automatismus in der Übung · Ersparnis an bewußtem Nervenaufwand · Vertretung des Hirns durch das Rückenmark · Ruhe der seelischen Vermögen · Vorzüge der automatischen Übungen in den Fällen der Hirnmüdigkeit.

Wir haben im vorstehenden Kapitel nachzuweisen versucht, wie oft dem Gehirn und den seelischen Fähigkeiten eine bedeutsame Rolle bei Leibesübungen zukommt. Es erübrigt noch nunmehr zu zeigen, wie umgekehrt vielfach auch Muskelarbeit ohne Mitwirkung des Willens und Mitwissen des Gehirns verrichtet werden kann.

Zunächst ist daran zu erinnern, daß das Gehirn zur Ausführung gewisser Bewegungen nicht unentbehrlich ist. Das Rückenmark genügt in gewissen Fällen, um die Muskeln in Tätigkeit zu setzen; denn es ist auch ein Nervenzentrum und somit ein Herd selbständiger Bewegungskräfte. Aber die Bewegungen, die ausschließlich auf der Tätigkeit des Rückenmarks beruhen, haben einen besonderen Charakter: sie sind unwillkürlich. Der Wille hat in der Tat einen direkten Einfluß nur auf die Zellen des Gehirns und kann die besondere Tätigkeit des Rückenmarks nicht ins Spiel setzen. Letzteres kann nur durch *Reflexwirkung* in Tätigkeit treten.

Bei den Reflexbewegungen ist der Wille nicht mehr der Erreger des Muskels. Dieser tritt unter dem Einfluß eines Empfindungseindrucks von selbst in Tätigkeit.

Man stelle sich einen sensitiven Nerv vor, der durch eine lebhafte Empfindung in Schwingung gerät. Diese Schwingung wird durch die Nervenfaser bis zu einer zentralen Stelle des Markes geleitet, von der sich ein motorischer Nerv abzweigt. Diese Zelle ist gleichzeitig das Ende eines sensitiven Nerven und der Ursprung eines Bewegungsnerven. Es kann nun geschehen, daß der sensitive Eindruck anstatt seinen Weg bis zum Kopfe fortzusetzen, um in das Organ der bewußten Fähigkeiten zu gelangen, in der motorischen Zelle des Markes anhält. Diese sendet ihn dann, indem sie ihn in Bewegung umwandelt, in die Richtung des Muskels, zu welchem der motorische Nerv sie leitet. Der Eindruck biegt sich in dem motorischen Zentrum des Markes um und läuft in sich selbst zurück, wie etwa die Schallwellen der Stimme, welche das Echo hervorrufen, an der Wand einer Mauer zurückgeworfen werden.

Wir können, ohne das Bild zu übertreiben, behaupten, daß eine Reflexbewegung das Echo eines Empfindungseindruckes ist.

Im allgemeinen sind die Reflexbewegungen sehr einfach und scheinen sich nach Intensität und Dauer des Reizes, der sie auslöst, zu richten: so oft man die Fußsohle eines geköpften Frosches zwickt, so oft reagiert das Glied durch einen kurzen Ruck; aber es kommen auch kompliziertere Reflexbewegungen vor, und ein einziger Reiz kann der Ausgangspunkt einer ganzen Reihe von Muskelakten werden. Alsdann scheint ein einziger Eindruck im Rückenmark gewissermaßen die Erinnerung an eine große Anzahl schon oft ausgeführter Bewegungen zu wecken, ebenso wie der Ausspruch eines einzelnen Wortes im Gehirn die Erinnerung an eine ganze Reihe von Sätzen wachzurufen vermag. So kann das Auftreten des Fußes auf den Boden durch die einfache Berührungsempfindung die ganze Reihe der Bewegungen des Gehens auslösen. Das Geschöpf kann dann gehen oder sogar laufen, ohne daß sein Gehirn den geringsten Anteil an den Muskelakten nimmt.

Eine von Mosso in seinem Buche über die Furcht mitgeteilte Tatsache aus der römischen Geschichte liefert einen merkwürdigen Beweis für das automatische Vermögen des Rückenmarks. Der Kaiser Commodus gab dem römischen Pöbel eine dem Geschmack desselben willkommene Zirkusschau; er jagte Strauße im Zirkus und schoß ihnen mit halbmondförmig zugeschärften Pfeilen, wenn sie im schnellsten Laufe waren, die Köpfe ab. Die so geköpften Tiere fielen nicht auf den Schuß um, sondern setzten ihren Lauf bis ans Ende der Bahn fort. Was man an einem geköpften Tiere beobachtet hat, gibt uns ein getreues Bild des physiologischen Tatbestandes bei einem in Gedanken versunkenen Menschen, dessen Beine automatisch die Gehbewegungen ausführen, während sein anderweitig beschäftigtes Gehirn sich um die Ausführung dieser Tätigkeit nicht kümmert.

Bei den automatischen Bewegungen werden die ursprünglich willkürlichen Bewegungen gewissermaßen durch eine Reihe von Reflexbewegungen ersetzt. Das Gehirn scheint, nachdem es Bewegungen zusammengestellt, ihre Schnelligkeit und ihren Rhythmus bestimmt hat, nach Verlauf einer gewissen Zeit seine Machtbefugnisse auf das Rückenmark zu übertragen; es kümmert sich nicht mehr um die Ausführung des Aktes und tritt nur von neuem wieder ein, wenn ein besonderer Umstand eine Änderung, sei es in der Richtung oder Energie oder Schnelligkeit der Bewegung erforderlich macht.

I

Der *Automatismus* ist die Fähigkeit bestimmter Nervenelemente, die Muskeln ohne Mitwirkung des Willens in Tätigkeit zu versetzen. Viele Organe des Körpers haben die Eigentümlichkeit, automatisch zu funktionieren; das Herz z. B. ist mit einer Bewegung begabt, über die wir keine Herrschaft haben; es hängt nicht von unserem Willen ab, seine Schläge zu beschleunigen oder zu verlangsamen. Der Automatismus ist aber nicht immer unbeschränkt Herr der Organe, viele Organe können je nach den Umständen den Befehlen nachkommen, die wir ihnen erteilen, oder auch sich bewegen, ohne daß wir ein Bewußtsein davon haben. So atmen wir unbewußt, selbst beim Schlafen,

können aber auch die Atmungsbewegungen willkürlich anhalten, beschleunigen oder verhindern.

Ebenso wie die Muskeln der organischen Lebenstätigkeit, können auch die den äußeren Lebensbeziehungen dienenden Muskeln den Charakter des Automatismus darbieten. Die Glieder und der Körper verändern ihre Lage auch im Schlafe ohne Willensbefehl, und selbst im wachen Zustande vollziehen wir manchmal komplizierte Bewegungen, ohne es zu wissen.

Ein geistig stark beschäftigter Mensch erhebt sich ohne daran zu denken, geht hin und her, ohne es zu beachten, und verrichtet in seiner „Zerstreutheit" eine Menge von Bewegungen, an die er keine Erinnerung behält. — Dies sind automatische Akte.

Die Bewegungen des Gehens sind unter allen Muskelakten diejenigen, die am leichtesten automatisch werden. Jedermann wird schon bemerkt haben, wie leicht das Gehirn beim Gehen ausgeschaltet werden kann und wie wenig es an der Arbeit der Beine sich beteiligt, wenn man einen Spaziergang macht; man kann sich lebhaft unterhalten oder träumen oder gar Verse im Gehen machen. Dagegen dürfte es schwer sein, die Gedanken von den Muskeln abzuwenden, die tätig werden, wenn man einen Umschwung am Trapez oder gar einen Fechtergang macht. Je schwieriger eine Übung ist, umso notwendiger ist die Mitwirkung des Willens und geistige Sammlung zu ihrer Ausführung. Und dennoch werden die Übungen, die anfänglich die schwierigsten sind, schließlich nach Verlauf einer gewissen Zeit ihrer Ausübung automatisch werden. Sämtliche „Gentlemen", die man reiten sieht, die sich bei jedem Hufschlag im Trab anmutig im Sattel heben, vollziehen diese Bewegung ohne die geringste Aufmerksamkeit und überlassen ihren Körper einem völlig automatischen Antriebe. Wollen Sie aber wissen, wie ihr Gehirn bei ihren Anfangsstunden im englischen Trab gearbeitet hat, so betrachten Sie gelegentlich am Sonntag auf den Champs-Elysées unsere Ladenjünglinge, die in steifer Haltung auf einem Mietsgaul sich umsonst bemühen, sich mit der Bewegung, die sie hin und her schleudert, ins Einvernehmen zu versetzen und die durch ihre verzerrten Gesichtszüge die starke geistige Anstrengung verraten, die sie in Anspruch nimmt.

Die erste Bedingung, damit eine Bewegung automatisch werde und ohne Aufmerksamkeit verrichtet werden kann, ist, daß man sie vollständig kennt und ihre Lehrzeit schon vor langer Zeit abgeschlossen hat.

Damit eine Übung ohne Mitwirkung bewußter Fähigkeiten verrichtet werden kann, müssen zwei Bedingungen erfüllt werden, und zwar an erster Stelle die *Abwesenheit der Anstrengung*. Wir wissen, daß die Anstrengung eine Kontraktion des ganzen Körpers ist, welche den Zweck hat, alle Knochen des Skelettes energisch zusammenzupressen, um aus diesen beweglichen Stükken ein starres Ganzes zu bilden, das fähig ist, den handelnden Muskeln einen festen Stützpunkt zu gewähren. Es ist unmöglich, sich eine vollkommene Freiheit des Geistes zu wahren, wenn man sich einer Anstrengung unterzieht. Die Muskeln scheinen, da sie mit aller möglichen Energie ins Spiel treten müssen, den ganzen Nervenstrom des Gehirns zu ihren Gunsten in Anspruch zu nehmen.

Ein Mensch, der seine ganze Kraft bei irgendeiner Bewegung einsetzt, fühlt sich durch seine Anstrengung vollkommen in Anspruch genommen und verliert für den Augenblick die Vorstellung seiner Umgebung. Wenn man zu Ihnen in dem Augenblick, in dem Sie einen Kraftmesser ziehen, um das Maß Ihrer Gesamtkräfte zu erfahren, spricht, so werden Sie nur eine dunkle Erinnerung der Worte behalten, die Ihre Ohren gehört haben, da Ihr Bewußtsein durch die Anstrengung abgelenkt und in Beschlag genommen ist. So sehr ist es wahr, daß die Hirntätigkeit und die Muskeltätigkeit, obwohl ihrem Wesen nach so verschieden, doch mit Hülfe desselben Werkzeugs verrichtet wird. Es scheint, daß das Gehirn, da es ebenso gut Werkzeug der Muskelarbeit wie der geistigen Arbeit ist, von den Muskeln ganz in Anspruch genommen wird, wenn dieselben ihre ganze mögliche Kraft aufzuwenden haben und daß alsdann der Verstand nicht mehr die freie Verfügung darüber behält und sich nicht mit der gewöhnlichen Klarheit offenbaren kann. Diese Beschlagnahme des Gehirns durch die Muskeln erklärt also den durchschnittlichen Mangel an Intelligenz bei allen Athleten und bei allen Leuten, die schwere Körperarbeiten verrichten. Das Ge-

hirn eines Menschen, der zu viele Muskelanstrengungen hat, ist ein verbrauchtes Werkzeug, das für Geistesarbeiten nicht mehr zu benutzen ist. Somit hört auch die gewohnteste Übung und die leichteste Arbeit auf unbewußt zu werden, sobald sie eine Anstrengung erfordert.

Damit die Muskelarbeit automatisch werden kann, müssen demnach zwei Hauptbedingungen erfüllt werden: vollkommene Gewohnheit der zu verrichtenden Übung und Mäßigung der Muskelanstrengungen, die sie verlangt. Daneben gibt es noch manche Umstände, welche den Automatismus begünstigen und der Arbeit gestatten, sich ohne Mitwirkung des Willens abzuspinnen. Es fehlt hierüber noch an einer methodischen wissenschaftlichen Untersuchung; denn niemand hat bislang daran gedacht, aus dieser so interessanten Erscheinung des Automatismus die praktischen Folgerungen zu ziehen, die sich daraus für hygienische Anwendung der Leibesübungen ergeben.

Eine sehr schwer zu erklärende Tatsache der Beobachtung, deren Wahrheit jedoch niemand bestreiten kann, ist folgende: *Die Regelmäßigkeit in den Bewegungen hat die Tendenz, die Arbeit automatisch zu machen.* Bei einem Fußgänger, der lange Zeit einen gleichmäßigen Schritt gewahrt hat, beginnen die bewußten Fähigkeiten nicht mehr auf die Bewegung zu achten, das Gehirn braucht seine Befehle nicht mehr zu wiederholen, die Muskeln gehorchen einer Reihenfolge von Reflexakten, deren Ausgangspunkt sich in den Empfindungen findet, welche den Auftritt und die Hebung des Fußes begleiten. Je regelmäßiger die Empfindung, welche den Reflexakt auslöst, sich wieder erzeugt, um so genauer wird der automatische Mechanismus, der das Vorwärtsschreiten bewirkt, funktionieren. Alle Welt kennt den Einfluß des *Rhythmus* auf die Bewegungen. Es gibt Musikweisen die etwas Fortreißendes haben; ihre gut einsetzenden Takte werden zum Regulator der Bewegungen; die durch die verschiedenen Zeitmaße im Ohr hervorgerufene Empfindung wird der Ausgangspunkt des Reflexaktes, der die abwechselnde Ortsveränderung der Beine bewirkt.

Das Gehen, das man als Musterfall automatischer Übungen bezeichnen kann, erfordert jedoch eine Hirnanstrengung, sobald

es unter Umständen stattfindet, die es unregelmäßig gestalten. Alle Fußgänger werden die größere Ermüdung erfahren haben, die sich einstellt, wenn es notwendig wird „auf den Weg zu achten". Wenn man von einem Gebirgspfade, der von Spalten durchquert und mit Felsblöcken besät ist, schließlich auf einen gut angelegten Weg gelangt, so empfindet man eine wahrhafte Erleichterung.

Die Arbeit scheint um die Hälfte verringert zu sein. Gleichwohl sieht man ein, wenn man die Übung genau untersucht, daß das Gehen auf immer gut gehaltenen Straßen nicht so sehr die Muskelarbeit vermindert, als es die bewußte Lenkung derselben durch das Gehirn überflüssig macht. Auf dem schlechten und holperigen Wege muß das Gehirn die Bewegungen der Beine genau überwachen. Der Schritt muß sich je nach dem Zustande des Weges verlängern oder verkürzen; der Fuß muß hier einen Stein, der sich ihm als fester Stützpunkt bietet, genau zu erreichen suchen, dort einer ausgetretenen Spur oder einem Wassertümpel ausweichen. Es handelt sich zwar nur um das Gehen, und vielleicht nur um ein langsames Gehen auf festem Boden, aber immerhin ist es keine unbewußte Übung mehr und das Gehirn darf bei Gefahr eines falschen Trittes oder gar Falles die Muskeln nicht in Stich lassen. Auf der großen Landstraße fordert der Marsch nicht die Mitwirkung des Bewußtseins, hier aber kommt zur Muskelarbeit noch Leitung und Aufsicht von seiten des Gehirns. Diese Mehrleistung ist es, welche die größere Ermüdung herbeiführt. Sobald der Marsch unregelmäßig wird, verliert er seinen automatischen Charakter und erheischt bei gleicher Muskelarbeit eine größere Ausgabe an freiwilligem Nerveneinfluß.

Wie ist dieser geheimnisvolle Einfluß der regelmäßigen Abwechslung der Bewegungen auf ihre automatische Ausführung zu erklären? Bislang hat man dafür keine physiologische Erklärung geben können, aber die praktischen Fälle der Anwendung dieses Gesetzes sind zahlreich. Von jeher hat man die Bedeutung von Takt und Rhythmus für Erleichterung der Bewegungen und die Verminderung des Müdigkeitsgefühls dadurch, daß dem Gehirn die Sorge für die Lenkung der Muskeln

abgenommen wird, zu würdigen gewußt. So hat man zu allen Zeiten die Musik dem Tanze beigesellt. Bei militärischen Manövern enthebt der Tambour den Infanteristen der Mühe, auf die Bewegungen seiner Beine zu achten, er markiert den Schritt für ihn.

Wenn Takt und Rhythmus die Tendenz haben, den Automatismus in den Bewegungen zu begünstigen, so ist es merkwürdig zu beobachten, wie der den Gliedern gegebene Antrieb zur Regelmäßigkeit und Einförmigkeit der Bewegung sich lange Zeit erhält. Wenn erst die Ausübung eines Muskelaktes einmal den automatischen Kräften des Organismus anvertraut worden ist, so hat dieser Akt das Bestreben, sich immer in demselben Maße, in derselben Schnelligkeit fortzusetzen.

Erst kürzlich konnte ich an mir selbst diese bemerkenswerte Tendenz der unbewußten Bewegungen, unabhängig von jeder Gehirnleitung regelmäßig zu bleiben, beobachten. Ich bin mit einem Freunde von Limoges aus in einem Ruderboot die Vienne bis zur Loire und die Loire bis zum Meer herabgefahren. Die Ruderarbeit war uns gewohnt genug, um ohne Anstrengung des Gehirns verrichtet zu werden, und ich für meine Person war auch völlig frei von jeder Sorge hinsichtlich der Manöverierung, da die Steuerung des Boots meinem Freunde, einem alten Bootsmann, übertragen war.

Wir ruderten jeder mit zwei Riemen, à deux de couple, wie der technische Ausdruck lautet. Manchmal habe ich während der 12 Stunden Arbeit, die wir an jedem Tage verrichteten, das Boot und die Vienne vergessen; oft schweifte meine Phantasie hundert Meilen fern von der Fahrt und meinem Gefährten, und doch blieb der Rhythmus meines Ruderschlags mit dem seinigen immer in Einklang. Stets warfen wir unsere Ruder gleichzeitig zurück, führten sie dann in gleichmäßigem Anzug nach vorn und trafen die Wasserfläche in derselben Zahl von Schlägen in jeder Minute, tauchten das Ruder in dieselbe Tiefe und streiften es durch die Wellen in derselben Länge, bevor wir es von neuem einsenkten.

Ich habe mich zu wiederholten Malen darüber zu vergewissern versucht, ob dieser vollkommene Einklang unserer Bewegungen

nicht auf Rechnung der Aufmerksamkeit meines Freundes zu bringen war, der hinter mir sitzend seine Bewegungen den meinigen anpassen konnte, indem er sie in derselben Zeit wie ich mäßigte oder verstärkte. Aber die strengste Beobachtung hat mir bewiesen, daß unser Einklang nur durch beständige Gleichförmigkeit unserer Bewegungen gesichert wurde. In der Tat haben wir zu wiederholten Malen, ohne daß der andere es merkte, die Ruderschläge nach dem Sekundenzeiger der Uhr gezählt, und während der Periode der Aufmerksamkeit, während einer ernsthaften Unterhaltung, während lebhafter Diskussion oder tiefer Träumerei blieb dann das von ihm oder mir konstatierte Resultat stets dasselbe: 19 Ruderschläge in der Minute.

Somit war diese Ruderübung, deren Erlernung anstrengend genug gewesen war, nach Verlauf einer gewissen Zeit gewissermaßen stereotyp in den Bewegungsorganen geworden und vollzog sich von selbst. Mehr noch, während der ganzen Reise — dieselbe dauerte neun Tage — hat sich die Gangart, die wir bei Antritt der Reise angenommen hatten, beständig behauptet. Jeden Morgen nahmen die Muskeln die regelmäßige Bewegung von gestern wieder auf, kontrahierten sich 19 mal in jeder Minute, mit der Regelmäßigkeit eines Uhrwerkes, ohne irgendwelche Intervention unseres Bewußtseins. — Unsere Ruderarbeit war automatisch geworden.

Also kann das Gehirn, das Werkzeug des Denkens, aufhören, eine Bewegung zu leiten, ohne daß diese ihre Regelmäßigkeit und Präzision verliert. Wenn eine Bewegung oft wiederholt wird, scheint das Rückenmark seine Form und Ausführungsweise genau so zu behalten, wie das Gehirn den Klang und die Reihenfolge von Worten. Wie kann sich eine komplizierte Bewegung, wie diejenige des Ruderns, dem Rückenmark einprägen? Es ist schwer zu sagen; aber wer vermag uns zu sagen, wie Worte, Sätze, ganze Seiten sich im Gehirn sozusagen aufschreiben und uns instand setzen, z. B. ganze Tiraden von Versen, die wir vor 30 Jahren auswendig gelernt haben, herzusagen? Man muß sich darauf beschränken, die wohl konstatierte Tatsache anzunehmen und daraus die berechtigten Folgerungen zu ziehen. Man kann sich nicht weigern, das

Gedächtnis des Rückenmarks anzuerkennen. Dieses Organ, welches ursprünglich Leiter derjenigen Bewegung ist, die das Gehirn kommandiert, behält die Erinnerung derselben und kann sie unter gewissen Bedingungen wiederholen, ohne daß der bewußte Wille dabei etwas anderes zu tun hätte, als daß er die Reihe dieser Bewegungen eröffnet oder abschließt. Das Gedächtnis des Rückenmarks hat zum Ergebnis die Beharrung des automatischen Zustandes einer zur Gewohnheit gewordenen Bewegung.

Aber das Rückenmark wahrt nicht nur die Erinnerung der verschiedenen Zeiten eines oft wiederholten Aktes: es hat auch ein treues Gedächtnis für das Maß, den Rhythmus und die Geschwindigkeit, mit der diese verschiedenen Zeiten aufeinanderfolgen. Aus dem Beharren der im Nervensystem durch einen oft wiederholten Akt hinterlassenen Eindrücke entspringt die Bildung der langsamen oder lebhaften Allüren jedes Individuums.

Man gewöhnt sich an die Langsamkeit wie an die Lebhaftigkeit der Bewegungen und oft ist die Schnelligkeit des Ganges ebenso wie die Schwerfälligkeit der Allüren das Ergebnis einer in den Kinderjahren angenommenen Gewohnheit, die man später schwer wieder ablegen kann.

Wenn ein Pferd erst angefangen hat, in einem gemäßigten Tempo zu galoppieren, so ist es sehr schwer, es später in eine schnellere Bewegung zu bringen. In den großen Ställen für Rennpferde benutzt man Knaben von sehr jugendlichem Alter, die aber schon im Reiten ausgebildet sind, so daß man sie dem Rücken der Rennpferde anvertrauen kann. Mit diesem leichten Gewicht kann das Pferd gleich beim ersten Galopp an eine Geschwindigkeit gewöhnt werden, die es niemals erreichen würde, wenn ein Mann statt des Jungen in den Sattel stiege. Die Traineure legen großes Gewicht auf diese ersten Angewöhnungen des Pferdes und wir haben einen unserer berühmtesten Sportsmänner darüber klagen hören, daß es in der Provinz unmöglich sei, sich solche Boys zu besorgen, die so leicht sein müßten, wie Affen. Unter denselben erlangt das Pferd die Gewohnheit eines Anlaufs, die gleich beim Beginn des Rennens die anderen Pferde,

die in einer langsameren Bewegung trainiert sind, entmutigt und außer Fassung bringt.

Die Fechter, sagt Bazancourt, werden niemals die Geschwindigkeit im Fechten erlangen, wenn sie sich lange damit aufhalten, ihre Bewegungen zu regeln, was ihre Hand verlangsamt.

Es bedarf einer Willensanstrengung, um einem unbewußt gewordenen Akt zu widerstreben und eine einmal angenommene Haltung zu verändern. Wenn die Muskeln ihrem maschinenmäßigen Antriebe überlassen werden, so fallen sie immer wieder in den Rhythmus zurück, der durch die Gesetze des Automatismus geschaffen wurde. Das vom jungen Alter an an eine langsame Bewegung gewöhnte Pferd macht eine überschüssige Ausgabe von Nervenstrom, wenn es seinen gewöhnlichen Galopp beschleunigen will, und man muß seine größere Ermüdung nicht nur dem Zuwachs der Arbeit zuschreiben, welchen die größere Schnelligkeit bewirkt. In der Tat, das nervöse Mißbehagen, welches eine neue Koordination der Bewegung allemal nach sich zieht, wird auch ein Tier befallen, das man zwingt, eine Gangart zu verlangsamen, sei es selbst im Schritt.

So kann man sich die Ermüdung erklären, die einen Fußgänger überfällt, der an einen schnelleren Schritt gewöhnt ist und nun gezwungen wird, seine Gangart derjenigen eines Begleiters anzupassen, der ihm zu langsam geht. Das Mißbehagen, das man empfindet, wenn man hinter seiner gewohnten Geschwindigkeit zurückbleibt, ist ebenso wie das Mißbehagen, das man empfindet, wenn man sie überschreitet, eine Folge der Anstrengung der neuen Koordination, die sich einem ungewohnten Tempo der Bewegungen anzupassen hat, die man gewöhnlich maschinenmäßig ohne Mitwirkung des bewußten Willens ausführt.

II

Wenn ein Mensch eine automatische Bewegung ausführt, so verläßt er sich auf das Gedächtnis seines Rückenmarks und wendet seine Aufmerksamkeit von der Arbeit ab. Wenn dagegen die Bewegung neu für ihn oder schwierig ist oder eine starke

Willensanstrengung fordert, so müssen seine bewußten Fähigkeiten energisch in Wirksamkeit treten; der Muskelsinn muß ihm genauen Bericht über den Grad der Kontraktion geben, den er den Muskeln zu erteilen hat; Vergleichung und Urteil müssen abwägen, welche Muskelanstrengung erforderlich ist, um der Bewegung die nötige Präzision zu geben; endlich muß der Wille hinzukommen, um den entscheidenden Antrieb zum Muskelakt zu erteilen.

Alle diese Faktoren vermehren die Ausgabe an Nerveneinfluß, ohne die Muskelarbeit selbst zu vergrößern. Der Automatismus spart Gehirnarbeit wie das Gedächtnis geistige Arbeit spart. Es gibt Formeln, welche die mathematische Arbeit abkürzen, indem sie uns gewisse elementare Rechnungsoperationen ersparen. Ebenso entlasten uns die Reihen der automatischen Bewegungen von der Arbeit, jeden einzelnen Muskelakt zusammenzustellen, für den das Rückenmark gewissermaßen eine Formel besitzt. Gehen wir jetzt über zur praktischen Anwendung der erörterten physiologischen Gesetze, so erkennen wir auf den ersten Blick den großen hygienischen Vorteil aller Übungen, die automatisch ausgeführt werden können. Ersparnis der Nervenkraft, vollkommene Ruhe des Gehirns, absolutes Schweigen der geistigen Fähigkeiten sind die Bedingungen, unter denen die automatische Übung sich vollzieht. Die Arbeit des menschlichen Organismus wird durch das gröbere Räderwerk der Maschine verrichtet, die Ermüdung beschränkt sich auf die untergeordneten Diener der Bewegung; die Nervenzentren bleiben an der Arbeit unbeteiligt, folglich auch an dem sich mit derselben ergebenden Unlustgefühl. Die Ermüdung nach einer automatischen Übung ist auf das Muskelsystem beschränkt, ergreift weniger den Kopf und die Nerven als vielmehr nur den Körper und die Glieder. Es ist also klar, daß die automatischen Übungen einen außerordentlichen Vorteil bieten, sobald es gilt, in der Muskelarbeit eine Ablenkung für ein durch geistige Überbürdung ermüdetes Gehirn zu suchen.

Bislang haben wir rein wissenschaftlich, physiologisch die besonderen Kennzeichen dargestellt, durch welche sich Übungen, bei denen der Wille und die Koordinationsarbeit mitwirken, von

solchen unterscheiden, bei denen das Gehirn nicht beteiligt ist. Es erübrigt noch, unsere theoretischen Folgerungen durch Tatsachen der Beobachtung zu bekräftigen, und dafür genügt die Berufung auf Eindrücke, die jedermann machen kann, der Leibesübungen betreibt.

Nichts erinnert mehr an die mit dem Erlernen einer schwierigen Übung verbundene Ermüdung, als diejenige Ermattung, welche sich nach Lösung einer mühevollen Aufgabe einstellt. Dieselbe peinliche Aufmerksamkeit während der Arbeit — dieselbe Angegriffenheit des Gehirns nach ihrer Beendigung. In beiden Fällen verlegt der Mensch den Sitz seines Mißbehagens in den Kopf. Das kommt daher, weil das Gehirn gearbeitet hat.

Betrachten Sie einen jungen Schüler, der dem Fechtmeister gegenübersteht, der ihm die ersten Elemente der Fechtkunst beibringt. Sein verdrießlicher Gesichtsausdruck, seine unlustigen Mienen bekunden Ermüdung und Langeweile und scheinen zu sagen: „Lieber gehe ich wieder an die Übersetzung!“ — Man öffne demselben Knaben die Tür der Lehranstalt und gebe ihm den Schlüssel zum Garten: Sie werden sehen, wie er in größter Freude davonspringt und wie er im Laufschritt und lebhafter Allüre dahineilt. Er wird jetzt in wenigen Minuten zehnmal mehr Arbeit verrichten als unter dem Paukzeug, aber diese Arbeit ist Arbeit seiner Beine, sein Kopf kommt dabei nicht in Frage. Er wird zurückkehren, kochend vor Wärme, ganz außer Atem, vielleicht in Schweiß gebadet, aber sein Geist ist frei geworden und sein Gehirn hat sich ausgeruht.

Man erinnere sich an seine Schulzeit. Welche jungen Leute sind die eifrigsten beim Turnen, die besten Reckkünstler — erhalten schließlich Preise beim Schauturnen? Immer gerade solche, deren geistige Fähigkeiten aus Gründen der Trägheit vor Überarbeitung geschont geblieben sind, die ihre Nerven- und Gehirnkräfte nicht auf die Bücher verwandt haben, die zwar offen vor ihnen lagen, die sie aber nicht lasen.

Die umgekehrte Beobachtung macht man nur bei Knaben, die an sich gleichmäßig in Ansehung des Gehirns und der Muskeln veranlagt sind, geistige Arbeiten mit derselben Leichtigkeit

bewältigen, wie sie zu Leibesübungen geschickt sind. Das sind aber seltene Ausnahmen.

Im allgemeinen wird die Indolenz und physische Apathie der großen Schüler getadelt, gerade derjenigen, deren ernste Klassenarbeiten eine größere Anspannung der Geisteskräfte fordern. Man möchte, daß sie ihre freie Zeit anders verwendeten als zu Unterhaltungen und Träumereien, um ihr überreiztes Gehirn abzulenken. Alle ihre Lehrer schelten sie bis zum Überdruß und fordern sie auf, anstatt dieses „far niente" doch irgendeine anstrengende Übung zu betreiben; alle Turngeräte stehen im Spielhof zu ihrer Verfügung: warum machen sie davon keinen Gebrauch? Den Aufforderungen des Lehrers zum Trotz fühlt sich der Schüler, dessen Kopf viel gearbeitet hat, wenig geneigt, seine Glieder arbeiten zu lassen und ein instinktiver Widerwille hält ihn von Reck und Barren fern. Das kommt, sagt man, oft daher, weil er die Übung für zu kindisch und seiner 15 Jahre nicht mehr würdig hält. Aber ist es nicht vielmehr die Empfindung, daß die Ermüdung seiner Muskeln ihm unmöglich die vermeintliche Ablenkung bieten kann, um seinen Geist auszuruhen?

Wenn der durch geistige Arbeit erschöpfte Knabe sich nicht zu körperlichen Übungen hingezogen fühlt, so ist nach meiner Überzeugung sein Instinkt treffender als die Meinung seiner Lehrer. Die Gymnastik, zu der man ihn einlädt, würde eben nicht nur seine Muskeln, sondern auch sein schon durch das Studium angegriffenes Gehirn anstrengen.

Bislang hat man die Bedeutung einer Auswahl der Übungen vom Standpunkt der Hygiene des Gehirns durchaus verkannt und niemand hat daran gedacht, den Vorteil auszunutzen, den die *leichten Übungen* vor allen anderen darbieten.

Dieser Vorteil läßt sich in zwei Sätzen zusammenfassen: sie erzeugen muskuläre Ermüdung, ohne nervöse Ermüdung nach sich zu ziehen; sie beschleunigen den Blutumlauf, steigern die Atmung, regeln die Verdauungsfunktionen, ohne zugleich jene Überreizung der Gehirnfunktionen mit sich zu führen, welche die Ausübung der schwierigen Übungen allemal begleitet. Dennoch hat bis jetzt niemand daran gedacht, diese wertvollen Vorteile zu benutzen. Niemand gibt sich Rechenschaft von den

Bedingungen, welche den Grad der Schwierigkeit einer Übung bestimmen. Man macht bei der hygienischen Anwendung der Leibesübungen keinen Unterschied zwischen solchen, die für das Subjekt neu sind, und solchen, die es schon lange betrieben hat. Man gibt sich keine Rechenschaft von der Hirnarbeit, welche die Lehrzeit einer unbekannten Bewegung erfordert.

Nach einer gewissen Lehrzeit werden die schwierigen Übungen leichter und können alsdann automatisch werden. Ihre Wirkungen sind alsdann verschieden. — Ist es nicht eine ganz andere Sache, sich mit Tanz zu belustigen oder aber sich abzumühen, einen Tanz zu erlernen?

Der Tanz, das Reiten, das Rudern, selbst das Wettlaufen fordert, wenn man es schon längere Zeit betrieben hat, nicht mehr Gehirnarbeit, als das Spazierengehen, diese automatische Übung par excellence.

Bei gewissen Körperübungen jedoch nimmt das Lernen kein Ende und die Bewegungen fordern eine unaufhörliche Leitung von seiten der Nervenzentren und der bewußten Geistesvermögen, weil diese Bewegungen niemals völlig identisch sind und stets überraschende Neuigkeiten bieten. So kann das Fechten niemals eine automatische Übung werden, wenngleich gewisse Paraden, gewisse Nachstöße die Tendenz haben, zur Gewohnheit zu werden und sich instinktiv zu vollziehen; die Bewegungen können nicht immer in derselben Reihenfolge und derselben Art und Weise ausgeführt werden, weil sie von denen des Gegners abhängen. Das Reiten wird eine automatische Übung, wenn es immer auf demselben Pferde geschieht, an dessen Bewegungen der Reiter sich gewöhnt hat; dagegen erfordert es starke Gehirnarbeit und eine sehr aufmerksame Koordinationsarbeit, sobald man Pferde benutzt, die sich durch Charakter und Temperament unterscheiden und oft sehr schwierig sind.

Man kann also den Automatismus nicht als ein Kennzeichen gelten lassen, nach dem man eine bestimmte Gruppe von Übungen klassifizieren könnte. Er bildet lediglich eine Art der Ausführung, die sich auf die meisten bekannten Übungen anwenden läßt, sofern diese Übungen unter den Bedingungen, die wir in diesem Kapitel erörtert haben, ausgeführt werden können.

Der Muskelautomatismus ist in Summa eine Funktion, welche den untergeordneten Teilen des Nervensystems übertragen wird, in der Absicht, die Gehirnarbeit bei der Lenkug der menschlichen Maschine zu ersparen.

Die Bedeutung dieser Ersparnis vom Standpunkte der Hygiene des Nervensystems aus ist in der Gegenwart noch nicht genügend gewürdigt. Man hat die so sehr verschiedenen Indikationen für Übungen, welche die Nervenzentren stark mitarbeiten lassen, und derjenigen, die nur eine geringe Hirntätigkeit verlangen, noch nicht dargestellt.

Diese Indikationen sind jedoch sehr einfach und bestimmt und lassen sich mit wenigen Worten folgendermaßen formulieren:

Allemal, wenn die Heilung durch Übung den Zweck verfolgt, die Nervenzentren lebhaft anzuregen und das Gehirn arbeiten zu lassen, verdienen die schwierigen Übungen den Vorzug vor den automatischen.

Die leichten, instinktiven Übungen oder solche, die im bestimmten Falle dem Subjekt durch frühere Erlernung vertraut sind, die mit einem Worte automatisch ausführbar sind, ohne eine anhaltende Aufmerksamkeit zu verlangen, eignen sich dagegen für Subjekte, die ihr Gehirn schonen, aber ihre Muskeln ermüden sollen.

Man verordne demnach Fechten, Turnen am Gerät und Schulreiten allen geistig zu wenig beschäftigten Leuten, deren Gehirn aus Mangel an Tätigkeit sich langweilt. Die Willensanstrengung und die Koordinationsarbeit, welche diese Übungen verlangen, werden den erschlafften Hirnzellen eine heilsame Anregung geben. Aber einem mit Bücherarbeit überbürdeten Knaben, dessen Nervenzentren unter dem Einfluß anhaltender geistiger Anstrengungen, z. B. durch die Vorbereitung zu einer Versetzung überreizt sind, soll man lange Spaziergänge verordnen oder das leicht zu erlernende Rudern oder, falls dazu die Gelegenheit fehlt, die alten französischen Spiele, den Hammelsprung, das Barlaufen, Kriegenspiel, Wettlauf, kurz alles andere eher, als akrobatisches Turnen und sonstige künstliche Übungen.

INHALTSVERZEICHNIS

DRUCK DER SPAMERSCHEN BUCHDRUCKEREI IN LEIPZIG