universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Eignungs- und Leistungsprüfung im Sport

Schulte, Robert Werner

Berlin, 1925

5. Kraft und Ausdauer. Von Dr. R. W. Schulte

urn:nbn:at:at-ubi:2-4675

5.

Kraft und Ausdauer.

Von Dr. R. W. Schulte.

I.

Zwei Probleme bieten sich der modernen Sportforschung vor allem als besonders wichtig und interessant dar: Ermüdung und Uebung. Die Ermüdung als die vorübergehende Herabsetzung der Leistungsfähigkeit, die Uebung als deren dauernd zunehmende Erhöhung. Die Ermüdung gehört vorwiegend in das Gebiet der Leistungshygiene, die Uebung in das der Leistungstherapie. Ermüdung und Uebung zählen mit zu den biologischen Grundtatsachen des organischen Lebens. Die Ermüdung als der für den Rhythmus des Daseins notwendige Energieverbrauch und die Uebung als die funktionelle Anpassung des Reaktionsmechanismus an die Umweltbedingungen. Die Ermüdung liefert die kleinen Wellen im Auf und Ab der Betätigung, die Uebung fördert die große, laufend fortschreitende Entwicklung. Wenn die Ermüdung früher ein „Halt" geboten hätte, so vermag die Uebung die Grenzen später schadlos zu überschreiten. Wo die Uebung dennoch zu weit gehen will, setzt der Warnruf der Ermüdung ein.

Immer wieder befaßt sich die Sporthygiene mit den Tatsachen der Ermüdung[1]: der den natürlichen und normalen Bedingungen entsprechende Kräfteverbrauch bei einer jeden körperlich-geistigen Arbeit kann, falls der betreffende Organismus nicht genügend Pausen oder erholende Einflüsse einschaltet, zu einer vorübergehenden oder kürzere Zeit andauernden funktionellen Schädigung führen. Wird das dem psychophysiologischen Gleichgewicht entsprechende Maß der Betätigung öfters sehr intensiv oder dauernd überschritten, so kann es zu dauerndem organischen Schaden kommen. Alle schädlichen Wirkungen körperlicher und geistiger Tätigkeit sucht die Hygiene der Arbeit zu erkennen und zu vermeiden. Sie

[1]) Literatur über die Arbeiten von Mosso, Binet und Vaschide, Clavière, Kraepelin, Rob. Müller, L. Hirschlaff s. bei Meumann, Vorlesgen. z. Einf. i. d. exp. Pädag., Leipzig, 1920, II. Bd., S. 351 und über die vielen Publikationen bes. von Aschaffenburg, Bettmann, Bücher, Handrick, Kemsies, Lieder, Lindley, Pfeiffer, Rivers und Kraepelin, E. Weber, ferner bes. von Bischoff, Block, Bolton, Bruhn, Blum, Ellis und Shipe, Féré, Griesbach, Hacker, Hirschlaff, Joteyko, Kraepelin, Lobsien, Loeb, Loewy, Lorentz, Maggiora, Mosso, Oehrwall, Oseretzkowsky, Rivers, Treves, Weichardt, Weiler u. a. bei Meumann, Bd. III, S. 833—843. — H. Sippel, Der Turnunterricht und die geistige Leistungsfähigkeit des Schulkindes. Berlin, 1923. — W. Bethge, Der Einfluß geistiger Arbeit auf den Körper. Halle, 1910. — C. Partsch, Uebung und Kraft. (o. O. u. o. J.) — Ph. Tissié, La fatigue et l'entraînement physique. 2me éd. Paris, 1903.

befaßt sich deshalb mit Bedingung, Art, Größe und typischer Erscheinungsform des Ablaufes der Ermüdung und sucht mit Hilfe objektiv messender Kontrolle bestimmte Maßnahmen zu finden, die den Menschen vor allzu starker funktioneller Leistungsverminderung und dauernder organischer Schädigung schützen.

Das Ermüdungsproblem zerfällt in zwei Hauptfragen: einmal die nach den objektiven Grundlagen und dann die nach den subjektiven Begleiterscheinungen. Objektiv stellt sich die Ermüdung arbeitstechnisch zunächst dar als eine Herabsetzung des Leistungseffektes nach Quantität und Qualität, dann vor allem arbeitsphysiologisch als eine Verminderung der Leistungsfähigkeit des Nerven- und Muskelsystems, deren Ursache wahrscheinlich teils in der Bildung besonderer Ermüdungsgifte (d. h. giftiger Zerfallprodukte), teils in allgemeineren Veränderungen des Stoffwechsels (Atmung, Kreislauf, Ernährung), teils endlich in einem Verbrauch („Abbau") der (Nerven- und Muskel-) Substanz selbst bzw. der von ihnen bei ihrer Tätigkeit verbrauchten Stoffe zu sehen ist. Wenn man auch in vielen Fällen von einer lokalen oder begrenzten Ermüdung sprechen kann, so ergreift doch die Ermüdung meistens über sie hinaus den gesamten Organismus und führt ferner zu den subjektiven Symptomen, deren Gesamtheit wir als „Müdigkeitsempfindungen" bezeichnen. Die zunehmende Arbeitsunfähigkeit kennzeichnet sich als Herabsetzung der Willigkeit zur Arbeit durch das Auftreten komplexer Unlust- oder Schmerzempfindungen, die biologisch als Warnzeichen bedeutsam und wertvoll, beim Hypochonder krankhaft gesteigert und beim Neurastheniker häufig herabgesetzt sind (so daß der Hypochonder seine Kräfte nicht vollkommen auszunutzen vermag und der Neurastheniker sich leicht „überarbeitet").

Aus physiologischen Untersuchungen her sind gewisse Ermüdungsgifte (Milchsäure, Kaliumphosphat, Muskeleiweißkenotoxin usw.) bekannt, und man hat sogar schon versucht, Ermüdungsgegengifte (Weichards Antikenotoxin) zur Leistungssteigerung zu verwenden. Wichtiger, weil dem normalen Restitutionsprozeß entsprechend, muß das Bestreben sein, die physiologischen und psychologischen Grundlagen der Erholung ihrem Wesen und ihrem Gesetz nach zu erforschen. Der wichtigste Erholungsfaktor ist der Schlaf (z. T. auch die absolute Ruhe im Wachzustande): hier findet die direkte Regeneration der zersetzten und abgebauten Muskel- und Nervensubstanz und der für ihre Ernährung notwendigen Aufbaustoffe statt. Auch die Stoffzufuhr durch die Verdauungsvorgänge spielt insofern eine Rolle, als dadurch die notwendigen Bedingungen für die Erholung geschaffen werden. Und endlich ist die Anregung des Stoffwechselumsatzes durch Atmung und Blutkreislauf zu nennen; es werden auf diese Weise diejenigen Vorgänge im Organismus gesteigert, welche die Wegschaffung der Ermüdungsgifte (Blut- und Lymphsystem) und ihre Verbrennung (Oxydation durch die Atmung) fördern. Darauf beruht vor allem die eigentlich indirekte Erholungswirkung der Körperbewegungen in Turnen, Spiel und Sport, die teilweise sogar zu einer gewissen Leistungssteigerung für körperliche oder geistige Arbeit zu führen vermag, wie dies für die letztere Sippel in unserem Laboratorium nachgewiesen hat.

Der Zustand der Ermüdung, der sich also objektiv und subjektiv als eine Herabsetzung der Arbeits- und Leistungsfähigkeit darstellt, kann bei zunehmendem Mißverhältnis zwischen Dissimilation (Abbau) und Assimilation (Stoffersatz) durch Ueberarbeitung zur Uebermüdung und Erschöpfung führen. Die Erschöpfung ist dadurch gekennzeichnet, daß sie sich durch Erholung nicht oder nur zum Teil mehr ausgleichen läßt.

Von der modernen Ermüdungsforschung, als deren Vertreter besonders Mosso, Kraepelin, Weichardt u. a. zu nennen sind, wurden eine große Fülle der verschiedenartigsten Verfahren zur Messung der Ermüdung und der Ermüdbarkeit ausgebildet. Alle diese Methoden kann man mit Meumann in direkte oder indirekte einteilen, weil man entweder die Ermüdung an der sie bewirkenden Arbeit selbst feststellt oder aber die Begleit- und Folgezustände der Ermüdung an anderen Proben bestimmen kann.

Abb. 123.
Ski-Langlauf im Gebirge.

Abb. 124. Blutdruckmessung an Skiläufern als Ermüdungsprobe.

Zur Ermüdungsprüfung benutzt man teils die Feststellung physiologischer, teils die psychologischer Symptome: Zu der ersten Gruppe gehört die Herabsetzung der Muskelarbeit, die Atem- und Pulsänderung sowie die Aenderung der Erregbarkeit des vasomotorischen (Gefäßnerven-) Systems (vgl. Abb. 123 und 124), des Stoffwechsels (Kenotoxin, Kohlensäureausscheidung, Urin usf.), der physiologischen Funktions weise bestimmter (bes. Sinnes-) Organe (Akkomodationsbreite des Auges, Sehschärfe u. a. m.). Psychische Symptome stellen dar etwa: die Herabsetzung der Sensibilität der Sinneswahrnehmung, die quantitative, qualitative und extensive Aenderung psychischer Vorgänge (Herabsetzung, Verschlechterung und Verlangsamung geistiger Leistungen, bes. von Aufmerksamkeits-, Gefühls- und Willensakten).

Für unsere Betrachtung sind diejenigen Symptome und Verfahren besonders von Interesse, die sich auf eine Ermüdung durch körperliche Arbeit beziehen. Man sucht dabei aus der objektiven Art und Weise der Leistungsverminderung bei der physischen Tätigkeit auf die entsprechende psychophysische Ermüdung zu schließen. Die dafür verwendeten Methoden sind von dreierlei Art:

1. Man verwendet direkt turnerische oder sportliche Uebungen, die eine ziemlich genaue zahlenmäßige Beurteilung gestatten, wie: Hantelausstrecken, Kniebeugen, Klimmzüge u. ä.

2. Man bedient sich sog. Dynamometer, bestimmter Meßapparate, die den jeweiligen momentanen Arbeitseffekt an der physikalischen Kraftaufwendung prüfen („Kraftprüfer").

3. Zur Registrierung der besonders charakteristischen Dauerleistung und ihres individuellen Verlaufes hat man Ergographen (oder „Arbeitsschreiber") konstruiert.

Mit einem unter Gruppe 1 fallenden Verfahren, der „Fußhantelmethode" (bei der Arme und Beine nach Metronomtakt betätigt werden), haben Weichardt und Lorentz Ermüdungsmessungen vorgenommen und festgestellt, daß diese Methode etwa das gleiche Ergebnis liefert wie die Untersuchung mit dem experimentellen ergographischen Verfahren.

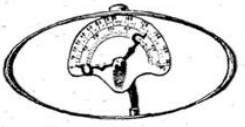

Abb. 125. Dynamometer (nach Collin) zur Prüfung der Handmuskelkraft.

Abb. 126. Handdruckprüfer (nach Ulmann).

2. Die Dynamometer prüfen entweder die Kraft von einzelnen Muskelgruppen oder aber die des ganzen Körpers. Außer der bekanntesten Konstruktion des Collinschen Modells (Abb. 125) haben z. B. Anschütz, Ulmann (Abb. 126), Smedley, Weiler, Sargent, Chéron und Verdin, Brustmann-Kurrein verbesserte Ausführungen angegeben, da die Zuverlässigkeit und Konstanz des dynamometrischen Verfahrens für genaue Messungen häufig bestritten worden ist. Als allgemeine Ergebnisse sind zu nennen folgende Tatsachen: 19jährige Studenten haben fast doppelt so viel Druckkraft wie gleichaltrige Studentinnen; Kinder liefern — wenn man eine Anzahl von Versuchen in regelmäßigem Abstand hintereinander ausführen läßt — viel unregelmäßigere Kurven als Erwachsene; junge Mädchen zeigen schon bei 14 bis 15 Jahren, junge Männer erst bei 18 Jahren einen Stillstand der Entwicklung; es kennzeichnen sich (nach Binet und Vaschide) vier Typen der dynamometrischen Arbeit in bezug auf Kraft und Ausdauer:

a) __ kurze Abnahme, dann Konstanz;
b) ___ annähernd konstante Arbeit;
c) \ ziemlich gleichmäßige Abnahme;
d) / mehr oder weniger entschiedener Aufstieg.

Es ergab sich auch, daß die Handmuskelkraftleistung keineswegs als Ausdruck der allgemeinen Muskelkraft des Individuums angesehen werden darf,

sondern daß man (so Gilbert) größere Muskelsysteme (z. B. die vertikale Zugkraft der Rückenmuskulatur) zum Vergleich prüfen muß.

Der Uebelstand, daß alle Dynamometer nur eine diskontinuierliche Reihe getrennter Kontraktionen zulassen, führte zur Prüfung des stetigen Verlaufes körperlicher Arbeit mit dem

3. Ergographen. Das gebräuchlichste von Mosso angegebene Modell ist vielfach, so von Treves, Kraepelin, Meumann, Lehmann, Dubois (Abb. 127), Deuchler, Markarianz u. a., modifiziert worden. Der Ergograph ahmt den bekannten Muskelversuch (die Myographie) aus der Physiologie

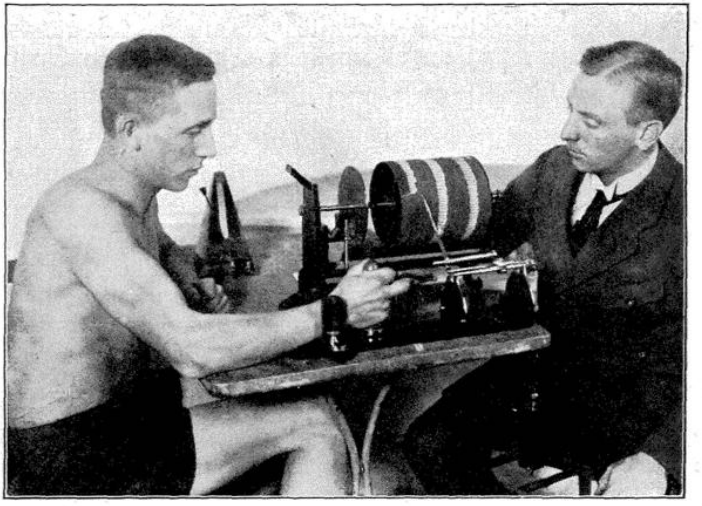

Abb. 127. Ergograph (Arbeitsschreiber) nach Mosso-Dubois.

beim lebenden Menschen nach, indem an dem Muskel (arbeitender Finger) eine Hülse mit einer Schnur angebracht wird, die über eine Rolle führt und an einem herabhängenden Gewicht befestigt ist, so daß der arbeitende Muskel durch intermittierende, taktmäßig erfolgende Kontraktionen das Gewicht zu heben hat. (Die Leistung wird durch einen Zeiger auf eine sich drehende Registriertrommel aufgezeichnet.) Dabei sucht man in der Regel eine streng isolierte Arbeit mit nur einem Muskel durchführen zu lassen, damit dem ermüdeten Muskel nicht bei einer Verschiebung der Armlagerung andere Muskelsysteme zu Hilfe kommen. Auch Federergographen mit sehr starker Feder sind verwendet worden (Lehmann, Störring, Binet und Vaschide), um an Stelle der (in der Physiologie so genannten isotonischen) Arbeit das isometrische Verfahren zu benutzen, bei dem die bloße Spannung der Feder ohne wesentliche Bewegung des arbeitenden Gliedes benutzt wird. Dieses Verfahren ist für vergleichende Messungen physiologisch einwandfreier als

das isotonische mit Gewicht, aber gegenüber den mit der letzten Methode erzielten anschaulichen Kurven für pädagogische Zwecke in Schule und Sport nicht so empfehlenswert.

Die ergographischen Methoden sind häufig Gegenstand lebhafter Diskussion gewesen, weil sie manche Fehlerquellen aufweisen. Und doch ist dem „Ergogramm", dem so gewonnenen Kurvenbild, ein oft beträchtlicher praktischer Wert nicht abzuerkennen. Willenskraft, Suggestion, Stimmung und andere Gefühlsfaktoren, bes. Unlust, Erregung, endlich die gesamte Disposition des arbeitenden Individuums, beeinflussen die Kurve in typischer Weise. Aehnlich wie beim Dynamometer leisten auch am Ergographen weibliche Versuchspersonen bedeutend weniger; zwischen Intelligenz und ergographischer Leistung wurden oft große Uebereinstimmungen gefunden. Uebungsfähigkeit und Ermüdbarkeit geben sich in charakteristischer Weise zu erkennen; der Einfluß von arbeitssteigernden Mitteln (Koffein, Theobromin, Thein, Natriumphosphat u. a.) und im allgemeinen arbeitshemmenden Giften (wie Alkohol) ist vielfach, auch von uns, festgestellt worden. Schon Mosso konnte seinen Versuchen entnehmen, daß es für jeden Menschen eine spezifische Form des Ermüdungsverlaufes gibt. Dieses Problem ist dann vielfach (so von Maggiora, Treves, Gineff und Meumann, Schenck, Rob. Müller, Frl. Joteyko, Kemsies, Keller, Block) weiter verfolgt worden. Dabei wurde (Kemsies) u. a. gefunden, daß die andauernde Herabsetzung der Muskelleistung ein sicheres Kennzeichen der Ueberbürdung in der Schule (durch vorwiegend geistige Arbeit) ist.

II.

Kraft und Ausdauer sind im Sport[2]) von grundlegender Bedeutung für alle Kraftübungen wie Stein- und Kugelstoßen, Speerwurf, Gewichtstemmen und -heben, Wurfhammerwerfen, Hammerschwingen, Ringen, Geräteturnen usf. und für alle Dauerleistungen, wie Langstreckenlaufen, -schwimmen, -rudern, -radfahren, Boxen, Fußball und ähnliche Spiele, Wandern usf. Etwa Gewichtdrücken und Marathonlauf stellen die typischen Anforderungen in bezug auf Kraft und Ausdauer ziemlich rein ins Licht. Meist haben wir es aber nicht mit kurzdauernden Kraftleistungen oder mit relativ leichten Dauerübungen zu tun, sondern Kraft und Ausdauer stehen bei der sportlichen Betätigung in enger Wechselbeziehung. Einfache Dynamometerversuche erfreuen sich im Sport größter Beliebtheit. Da jedoch die reine Kraftleistung, bes. der Handmuskulatur, für den tatsächlichen Konstitutionswert von relativ geringem Werte sein kann — deshalb trainieren ja auch Kraftsportler nebenbei auf Dauerleistung —, erscheint es uns notwendig, auf eine Prüfung von Kraft und Ausdauer hinzuweisen, die den sportlichen Anforderungen besonders entspricht.

---

[2]) Vgl. auch z. B.: R. Kimura, Ermüdungsstudien bei genau bemessener körperlicher Arbeit. Berlin, 1923. — Schilf-Sauer, Ergographische Untersuchungen über den Einfluß der Diathermie auf das Leistungsvermögen menschlicher Muskeln. Berlin, 1922. — Full-Lehmann, Der Energieverbrauch beim Hantelstoßen. Berlin, 1924. — Atzler-Herbst-Lehmann, Arbeitsphysiologische Studien am Respirationsapparat. Berlin, 1924.

Wir haben eine ganze Anzahl von physiologischen und psychologischen Ermüdungsverfahren angewandt, um den Abfall der Leistung und den Energieverbrauch möglichst sinnentsprechend zu messen.

Als Beispiele nennen wir unseren „Rückprallprüfer" und den „Muskeleindrückbarkeitsprüfer". Der Rückprallprüfer (Abb. 128 und 129) besteht aus einer Glas- oder Metallröhre, die mit einer Skala versehen ist; in dieser Röhre fällt, nach Auslösung von seiten des Versuchsleiters, ein kleines Stahlgewicht, schlägt am unteren auf den Muskel aufgesetzten Ende der Röhre auf die zu prüfende Stelle auf und wird, je nach deren Elastizität, mehr oder weniger hoch zurückgeschleudert. Das Maß dieser Rückprallhöhe gilt, wie bei den Skleroskopen und Materialprüfmaschinen der Technik, als proportional der Muskelhärte. Der „Muskeleindrückbarkeitsprüfer" (Abb. 130 und 131) benutzt das Prinzip eines Wagebalkens, der in ausbalanciertem Zustande mit einer Pelotte auf die zu untersuchende Stelle des Muskels wirkt. Durch Verschieben des belastenden Laufgewichtes vom Drehpunkt fort wird ein zunehmender Druck auf den Muskel ausgeübt; man bestimmt die Stellung des Laufgewichtes, d. h. den ausgeübten Druck, bei dem die Skala des Apparates ein bestimmtes Maß der Eindruckstiefe angibt. Bei veränderter Elastizität des Muskels legt man dann diese Eindrucktiefe zugrunde und verschiebt das Laufgewicht so lange, bis der gleiche Skalawert sich wieder einstellt. Die verschiedenen Einstellungen des Laufgewichtes entsprechen den jeweiligen Muskelhärtegraden. In etwas anderer Weise haben Kohlrausch, Berlin, durch Messung der Kontaktstromstärke in Milli-Ampère (beim Aufschlag eines Muskelhammers auf eine auf der Haut befestigte kleine Metallplatte) und Mangold, Freiburg, die Eindrucksfähigkeit der Muskelsubstanz bestimmt. Mit den von uns konstruierten Geräten haben bes. cand. ing. A. Wilkens in der Sportforschungsstelle Aachen (Technische Hochschule) und E. Kühler in der

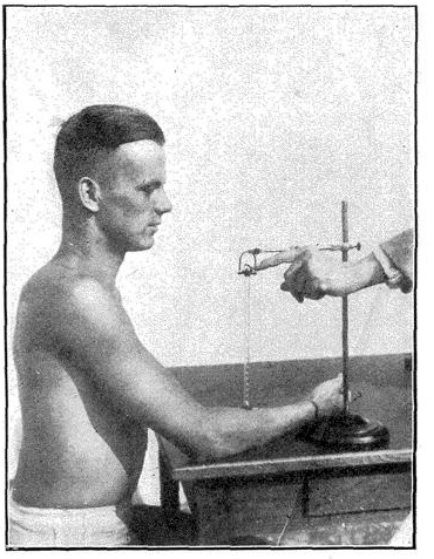

Abb. 128. Rückprallprüfer (nach Schulte) zur Elastizitätsbestimmung von Muskeln (Glasmodell).

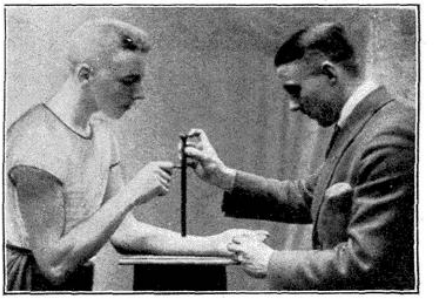

Abb. 129. Rückprallprüfer (Metallmodell).

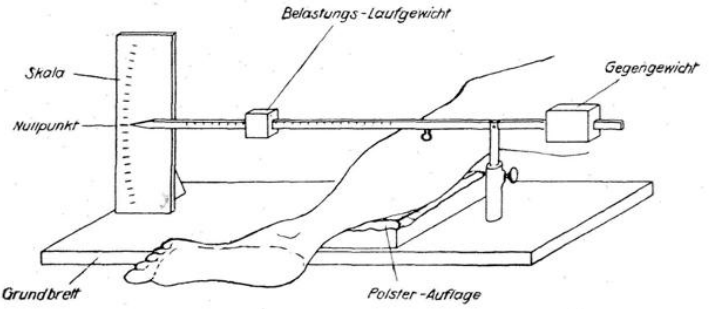

Abb. 130. Muskeleindrückbarkeitsprüfer (nach Schulte) zur Konsistenzprüfung ermüdeter Muskeln.

Abb. 131. Muskeleindrückbarkeitsprüfer im praktischen Versuch.

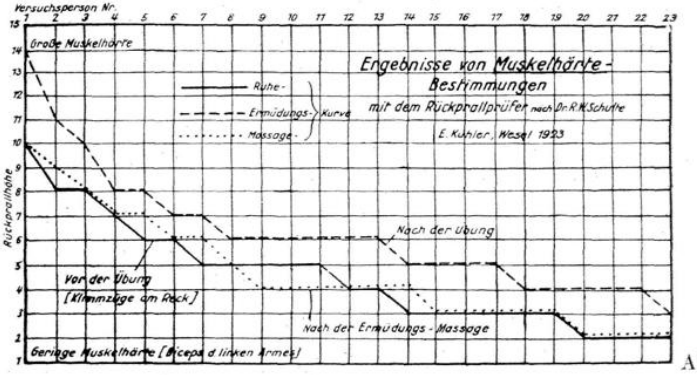

Abb. 132.

Sportberatungsstelle Wesel Messungen an Sportlern ausgeführt. Kühler hat sich auf unsere Anregung mit der Wirkung der Massage auf die Muskelelastizität befaßt. Ich gebe an dieser Stelle zwei seiner Versuchsreihen in graphischer Darstellung wieder. Die Ergebnisse mit dem Rückprallprüfer an 23 Versuchspersonen (Abb. 132) zeigen, daß der Muskel, im Vergleich zu den vor der Uebung gewonnenen Normalwerten, durchweg deutlich härter wird, dann aber auch in allen Fällen sehr charakteristisch, daß eine richtig betriebene Ermüdungsmassage den ursprünglichen Wert wiederherstellt. Ein ganz ähnliches Resultat ergibt sich aus den Bestimmungen mit dem Muskeleindrückbarkeitsprüfer an 15 Versuchspersonen (Abb. 133): vor und nach der Uebung große Differenzen in der Elastizität des Muskels, die durch nachfolgende Massage wieder stark ausgeglichen werden. Das Problem der experimentellen Feststellung der Wirkung von Massage, das in einer interessanten Dissertation von Breda[3]) aus der Wissenschaftlichen Abteilung meines Kollegen Dr. Roemer bei der Medizinischen Universitäts-Poliklinik in Königsberg auch durch leistungspraktische Versuche bereichert worden ist, verdient für jede sportliche Erziehung und Leistungssteigerung besondere Beachtung.

Mit dem Mossoschen Ergographen haben wir auch im Sport Ermüdungskurven gewonnen, von denen uns eine an einem früheren hervorragenden Offizier und jetzigen ungemein ausdauernden Sportler besonders typisch auffiel, da die Versuchsperson trotz stärkster körperlicher Erschöpfung doch ein stundenlang fortgesetztes Arbeitsbild lieferte. Weiterhin haben wir bei unseren Arbeitsuntersuchungen an Maurern sowie auch bei sportlichen Eignungsprüfungen mit Hilfe des Blutdruckmeßverfahrens von Riva-Rocci die Tagesleistungskurve bei der Arbeit oder der sportlichen Leistung festgestellt. In entsprechender Weise benutzten wir verschiedene Arten von Dynamometern; weiterhin haben wir die bei Arbeitsvorgängen sportlicher oder beruflicher Art selbst auftretenden Ermüdungssymptome indirekt etwa an Schreibmaschinistinnen, Industrie- und Kalkbrucharbeitern, Schwimmern, Boxern gemessen, auch die Abhängigkeit der Ermüdung von der besonderen Form des sportlichen oder beruflichen Arbeitsgeräts festgestellt. Aus den mannigfachen Ergebnissen sei hier eine Ermüdungskurve der Handdruckkraftleistung mitgeteilt, die nach einem 1500-m-Lauf an einem unserer Studenten gewonnen wurde. Es handelt sich darum, mit Hilfe maximaler Kraftanwendung das elastische, den Formen der Hand sich anschmiegende Dynamometer nach Collin ruckweise zusammenzupressen, und zwar am besten in folgender Weise: stehende Haltung, Grundstellung der Füße, linker Arm herabhängend, rechter Oberarm dem Körper anliegend, Unterarm im Ellenbogengelenk gebeugt, Dynamometer in der nach oben gerichteten Innenhand. Läßt man in regelmäßigen Abständen von etwa 15 Sekunden die Versuchsperson arbeiten, trägt die entsprechenden Werte in ein Schaubild ein und verbindet die einzelnen Punkte, so erhält man Ermüdungskurven, wie sie aus Abb. 134 hervorgehen. Wir sehen bei dem hier gezeigten Einzelbild,

[3]) H. Breda, Untersuchungen an Sporttreibenden über die leistungssteigernde Wirkung der finnischen Sportmassage unmittelbar vor und zwischen körperlichen Anstrengungen. Mit Tabellen, Kurven u. Literatur-Zusammenstellung. (Im Manuskript.)

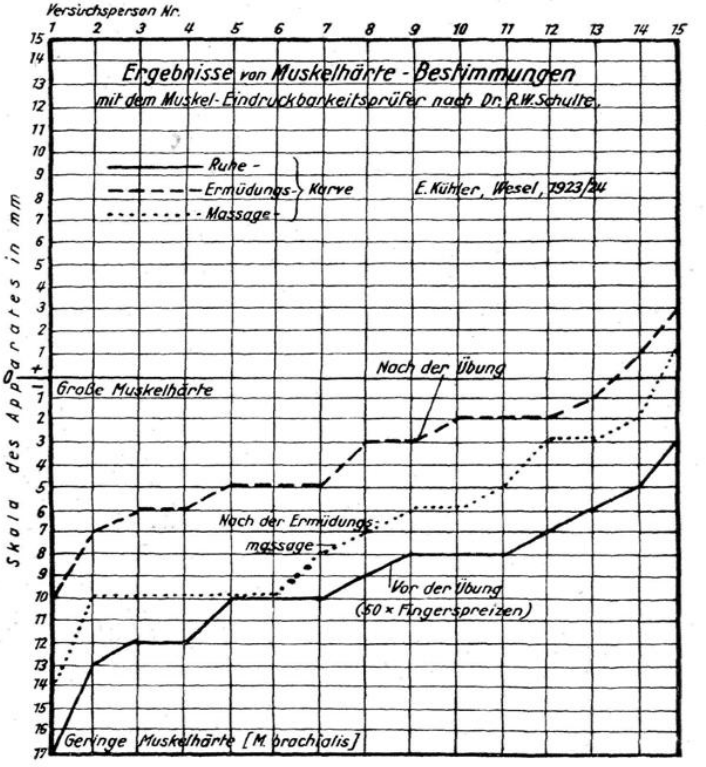

Abb. 133.

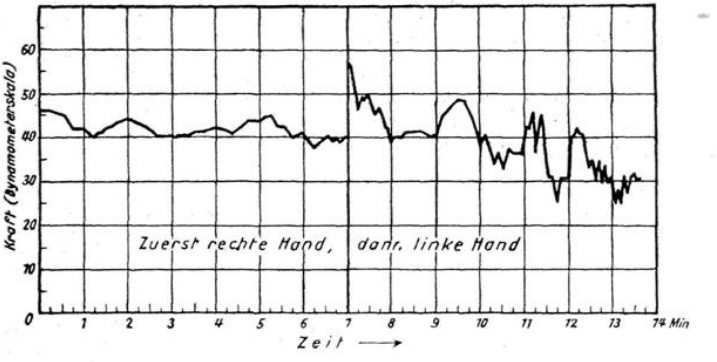

Abb. 134. Beispiel für eine Dynamometerkurve der Handdruckkraftleistung.

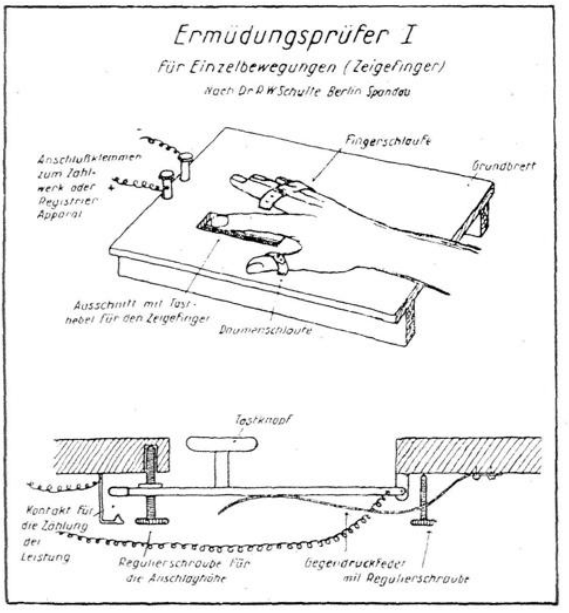

Abb. 135.

Rechtshänder hervor. — Bei unseren Ermüdungsversuchen gelangten wir im wesentlichen zu zwei positiven Feststellungen, was die Versuchsmethodik anbetrifft. Einmal halten wir die Feststellung des Verlaufes von maximalen Schnelligkeitsleistungen (s. Abb. 135—138) für besonders geeignet, die Ermüdbarkeit unserer Versuchspersonen festzustellen. Weiterhin hatte schon Meumann (so auch wir) beim Ergographen die Methode benutzt, das Gewicht dauernd im Zustande maximaler Kontraktion halten zu lassen, ohne Hebungen und Senkungen auszuführen. Wir selbst haben in einer ähnlichen „statischen Arbeitsleistung" ein wertvolles Mittel gefunden, um die Kraft und Ausdauer im Sport und Beruf wirklichkeits- und wesensnah festzustellen. Alle die auf intermittierender Beanspruchung von Muskelsystemen sich aufbauenden Ermüdungsproben weisen eine Anzahl von Fehlerquellen auf, die auch durch sorgfältige Ueberwachung der Versuchsbedingungen nicht ausgeschaltet daß die Versuchsperson rechts sehr gleichmäßig arbeitet, dann, nachdem die linke Hand zu arbeiten anfängt, die Werte erheblich höher anfangen, weiter aber in großen rhythmischen Schwankungen bis zu einem der Erschöpfung nahen Punkte heruntergehen. Es geht aus diesem Einzelbild die wesentlich konstantere Leistungsfähigkeit der rechten Hand beim

Abb. 136. Finger-Ermüdungsprüfer in Benutzung.

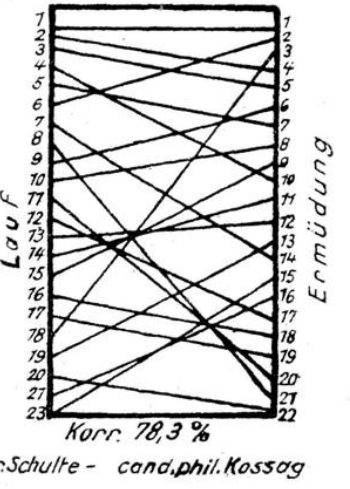

Abb. 137. Korrelations-Ergebnisse: Gute Übereinstimmung zwischen Dauerlauf und Leistung am Ermüdungsprüfer.

zu werden vermögen. Wir verwenden deshalb die statische Arbeitsleistung, d. h. wir lassen ein Muskelsystem eine dauernde, gleichmäßig haltende Arbeit leisten und stellen den langsamen Zurückgang bis zur vollständigen Erschöpfung fest. Das einfachste Verfahren bei Benutzung statischer Arbeitsleistung besteht in dem Heben von Gewichten mit ausgestrecktem Arm, wie es z. B. auch in der Schwerathletik häufig vorkommt. Der Hubkraftprüfer (s. Abb. 139) besteht aus einer in zwei Führungen möglichst reibungslos laufenden, senkrecht verschieblichen Stange, die mit einem Haltegriff versehen ist und an die unten ein variabel schweres Gewicht angehängt werden kann. Die Aufgabe der Versuchsperson besteht darin, das Gewicht bis in Schulterhöhe zu heben und möglichst lange in dieser Lage zu halten. Der langsame Rückgang des Zeigers auf der Skala wird in Abständen von je 5 Sekunden abgelesen und führt zu der Gewinnung einer Arbeits- oder Ermüdungskurve. Wir haben mit diesem Verfahren z. B. den Ermüdungswert von bestimmten Ringübungen, wie auch die Restitutionszeit bis zur Erholung von diesen Uebungen, festgestellt. Als Probe bringen wir die Ergebnisse einer Versuchsreihe, die von uns mit freundlicher Unterstützung von Herrn Oberturnrat Dr. Krieg und Stadtarzt Dr. Reich, Erfurt, an Turn- und Sportlehrern der Preußischen Hochschule für Leibesübungen angestellt

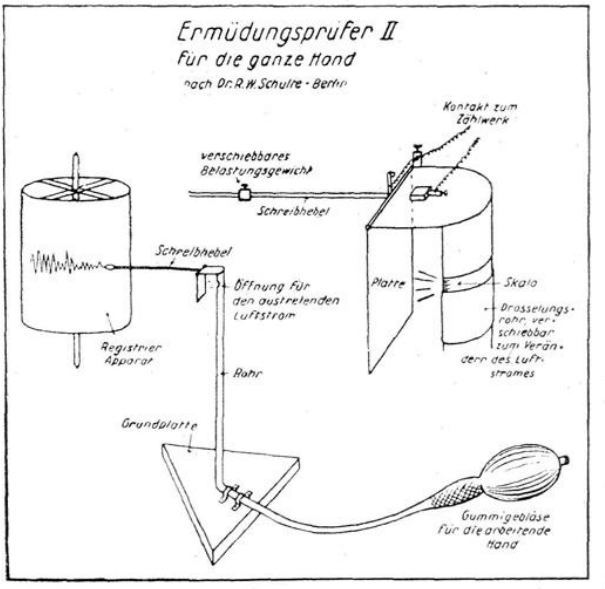

Abb. 138.

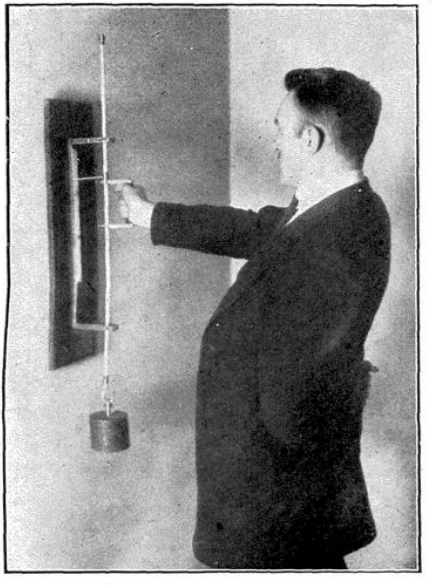

Abb. 139. Hubkraftprüfer (nach Schulte) zur Feststellung von Kraft und Ausdauer mittels statischer Arbeitsleistung.

wurde (Abb. 140 und 141). Es zeigt sich bei diesen gut durchgebildeten Versuchspersonen, daß die Erholung nach methodisch richtig betriebenen Ringübungen (von ca. 10 Min. Dauer) schon relativ bald eintritt und daß durch exakte ermüdungswissenschaftliche Versuche manche unbegründeten Vorurteile über angebliche Schädigungen (bei gesunden und geübten Leuten) von selbst hinfällig werden [4]).

Wegen seiner größeren Differenzierungsfähigkeit benutzen wir häufiger als den Hubkraftprüfer den in Abb. 142—145 dargestellten Zugkraftprüfer.

An einer in einer Hülse befindlichen starken Feder ist eine Stange und ein Handgriff angebracht, mit Hilfe dessen die Feder bis zur Maximalstellung auszuziehen ist. Die Feder ist möglichst lange in dieser Stellung zu halten, bis die zunehmende Ermüdung einen mehr oder weniger schnellen Rückgang des Zeigers auf der Ableseskala bewirkt. Derselbe Apparat kann auch (s. Abb. 142 unten) als Druckkraftprüfer verwendet werden, indem man die Zugstange ausschraubt, den ganzen Apparat umkehrt und die Stange von der anderen Seite wieder einschraubt. In diesem Falle wird die Feder vom Prüfling weg (statt auf den Prüfling zu) gedehnt, und man liest die Werte an einer Druckskala ab. Im allgemeinen verwenden wir den Apparat als Zugkraftprüfer. Die Benutzung des Apparates bei sportlichen Eignungsprüfungen zeigen Abb. 143 u. 144. Der sehr handliche Apparat, der in verschiedenen Größen gebaut wird, ist leicht mit auf den Sportplatz zu nehmen und wird in physiologisch richtiger Höhe an einen Mauerhaken, eine Türklinke usf. eingehängt. Der Prüfling sitzt mit geradem Oberkörper auf einem Stuhle und hat (in anatomisch-physiologisch jedesmal genau geregelter Weise) den Handgriff zu ergreifen und die Feder auszuziehen, an seiner rechten Schulter vorbei. Mit geschlossenen Augen verharrt der Prüfling so lange in dieser Stellung, bis die beginnende Ermüdung einen Rückgang seiner Leistung herbeiführt. Es kommt darauf an, jede Stellung der Feder möglichst lange beizubehalten; aus diesem Grunde wird es im allgemeinen nicht gestattet, die Feder von neuem anzuziehen. Die Feststellung der jeweiligen Leistung erfolgt alle 10 Sekunden durch Ablesung auf der Skala nach der Stoppuhr.

Eine Vervollkommnung des Apparates zeigt der „Kraftschreiber" auf Abb. 145, der an das arbeitsschreibende Prinzip der Ergographie erinnert. Der Zugkraftprüfer ist hier mit einer Schreibtrommel oder einer sich senkenden Schreibtafel kombiniert, auf der die jeweilige Ermüdungskurve sich aufzeichnet [5]).

Im folgenden seien eine Reihe von unseren Ergebnissen mitgeteilt, die unser Mitarbeiter, Herr Polizei-Oberleutnant J. Podehl, im Sportbetrieb einer Hundertschaft der Berliner Schutzpolizei gewonnen hat. Im

[4]) Vgl. H. Altrock, Ringen und Schwerathletik. „Handbuch der Leibesübungen", Bd. 4. Berlin 1924. — R. Gasch, Das Freiringen. Dresden, 1924. — G. Zadig, Der Ringkampf. 2. Aufl. Leipzig (o. J.).

[5]) Für Untersuchungen an Schwerathleten usf. im Sport, an den Minenwerfertrupps usw. der Reichswehr und für Schmiede, Lastträger u. ä. Berufe dient unser Körperkraftprüfer zur Messung der gesamten Hubkraft des Körpers.

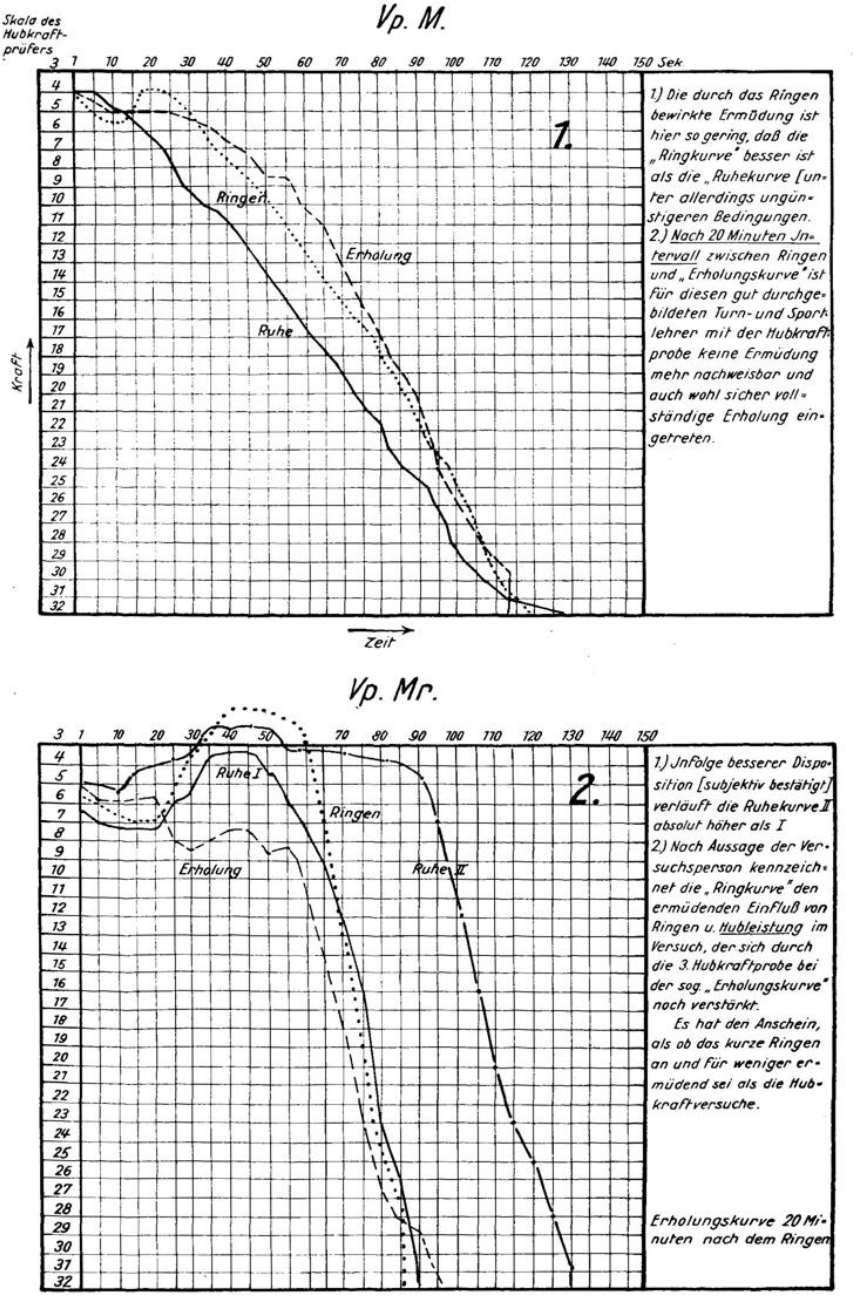

Abb. 140. Experimentelle Untersuchung über den Ermüdungswert und die Erholungsschnelligkeit bei Ringübungen.

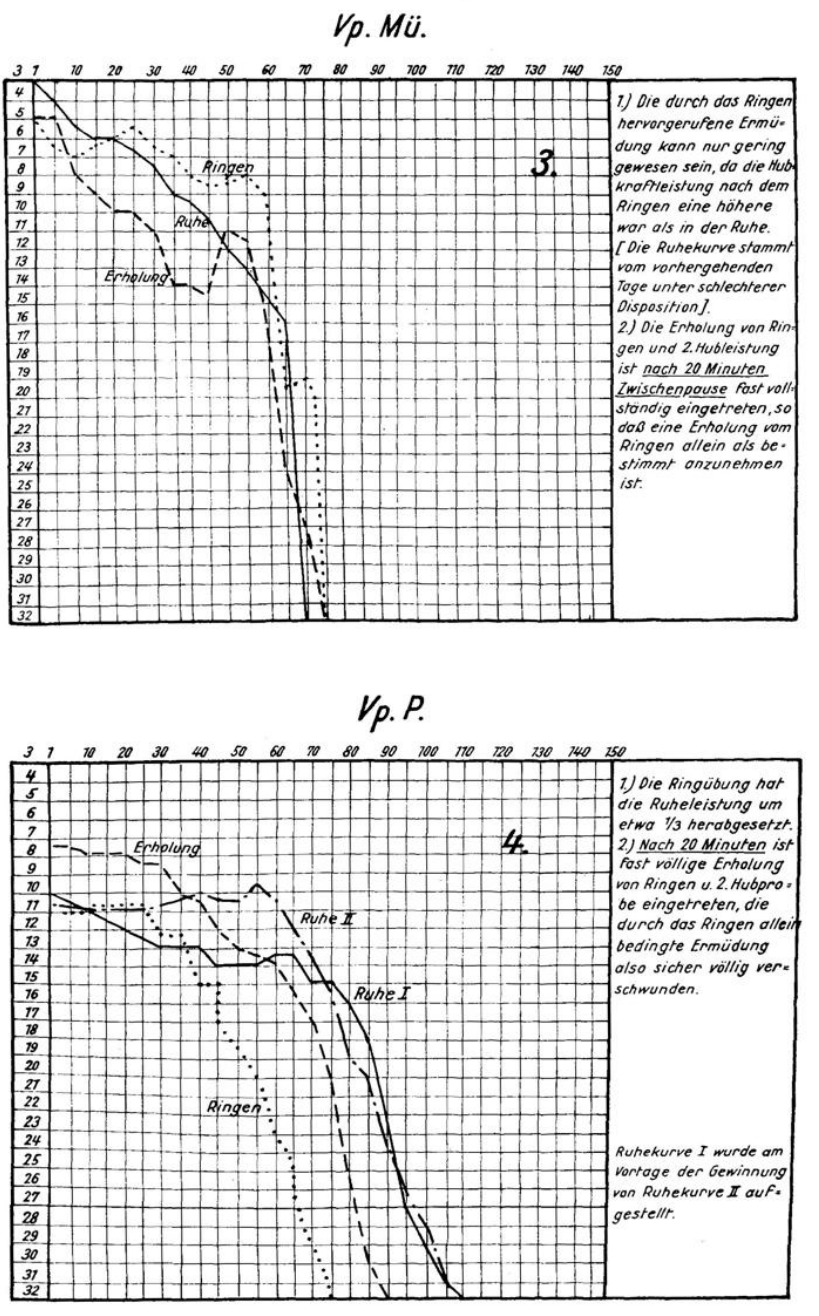

Abb. 141. Experimentelle Untersuchung über den Ermüdungswert und die Erholungsschnelligkeit bei Ringübungen.

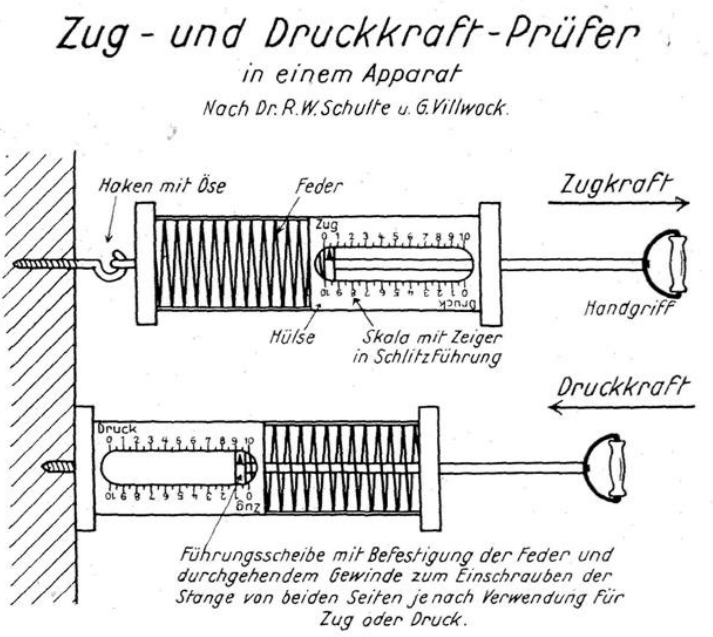

Abb. 142.

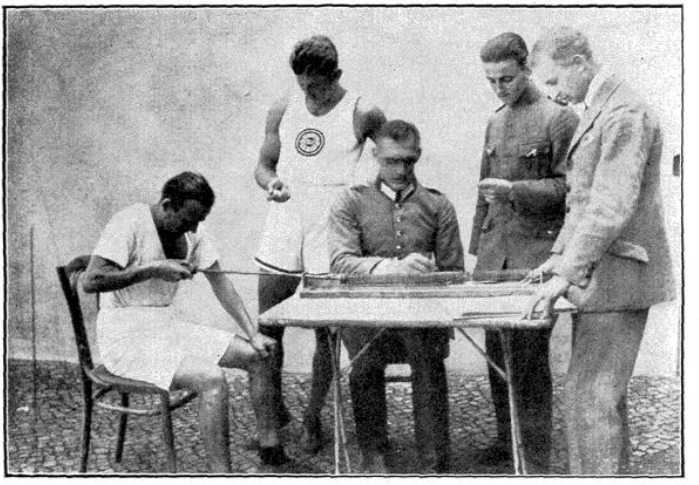

Abb. 143. Ermüdungsmessung mit dem Zugkraftprüfer.

ganzen handelt es sich bei seinen Untersuchungen um etwa 100 Versuchspersonen, von denen je eine Kurve in normalem und ermüdetem Zustand gewonnen wurde. Von diesen Ergebnissen werden hier 54 Kurvenpaare mitgeteilt, da sich die typischen Verlaufsformen schon bei diesem Material deutlich ergeben. Die weiteren sonst vielfach (etwa bei der Preußischen Polizeischule für Leibesübungen, bei Berufseignungsprüfungen usf.) gewonnenen Ergebnisse bestätigen durchweg die günstigen Erfahrungen, die wir mit

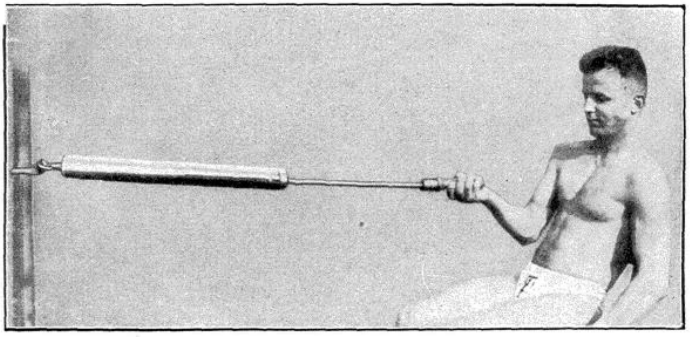

Abb. 144. Neueres Modell des Zugkraftprüfers für sportliche Eignungs- und Leistungsprüfungen.

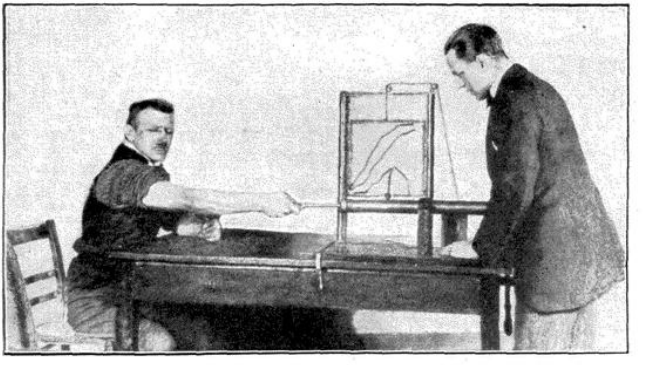

Abb. 145. Kraftschreiber (nach Schulte) zur Registrierung der Arbeitsleistung.

der Methode der statischen Arbeitsleistung gewonnen haben. Die Ergebnisse der einzelnen Messungen führten zu Normalkurven und solchen in ermüdetem Zustande, wie sie auf Abb. 146 dargestellt sind. Wir hatten vor allen Dingen die Absicht, die „Ermüdungswerte" von verschiedenen Sportarten quantitativ zu messen und miteinander zu vergleichen, um Anhaltspunkte für die psychophysische Beanspruchung des Organismus durch bestimmte Arten von Leibesübungen zu gewinnen.

Wir wählten eine ganze Anzahl von turnerischen und sportlichen Leistungen, um aus möglichst vielen Gebieten eine Uebersicht über die Leistungsanforderung zu gewinnen. Aus der Abb. 146 ergibt sich zunächst die ungeheuer differenzierende Verteilung der Leistungen der einzelnen Versuchspersonen, sowohl was die Quantität der Ausdauer wie auch die

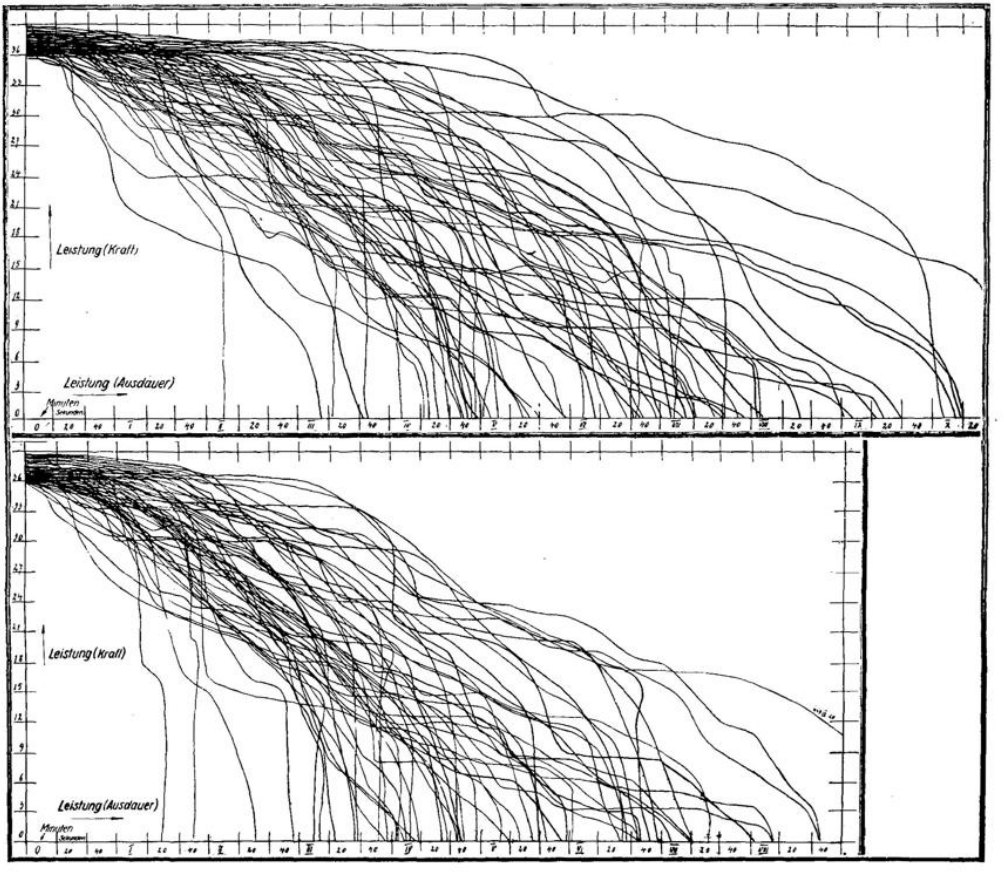

Abb. 146. Gesamt-Leistungsbild der Kraft-Ausdauerkurven von 54 Versuchspersonen. Oben: in frischem Zustande, unten: nach vorausgegangener Ermüdung.

Qualität des individuellen Ermüdungsabfalles anbetrifft. Die quantitative Variationsbreite der Leistung ist, trotzdem die Versuchspersonen doch durchweg gediente und sportlich im allgemeinen nicht ungeübte Leute waren, ganz erheblich. Wir bewerten die Leistungsquantität der Ausdauer nach dem in Abb. 147 bezeichneten Schema, indem wir die geringste Gesamtdauer mit 0 und die höchste Gesamtdauer mit 100 % be-

zeichnen. Wir gelangen dann zu einem Strahlenschema, das von dem Ausgangspunkt zu den einzelnen zeitlichen Endpunkten hinführt. Die Verteilung der einzelnen zeitlichen Ausdauerleistungen geht auch aus der Rangreihenstatistik der Abb. 148 hervor. Es ergibt sich dabei, daß die Gesamtzeit zwischen zwei Minuten und 11 Minuten schwankt. In der Mitte haben wir den stark gedrängten Verlauf der vielen durchschnittlichen Einzelkurven, während nach beiden Seiten hin die Leistungen weniger häufig auftreten. Der allgemeine mittlere Abstand der Normal- und der in ermüdetem Zustand gewonnenen Kurve ergibt sich aus Abb. 146 und 148. Wir sehen, daß die Herabsetzung der Leistungen durch eine sportliche Uebung von mittlerer Intensität durchschnittlich etwa 2 Minuten oder — auf die gesamte Variationsbreite

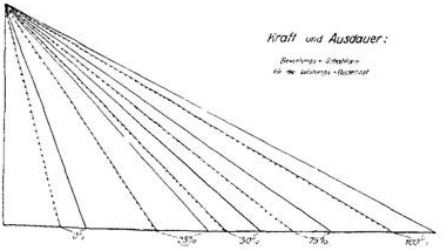

Abb. 147. Bewertungsschablone für die Leistungsquantität.

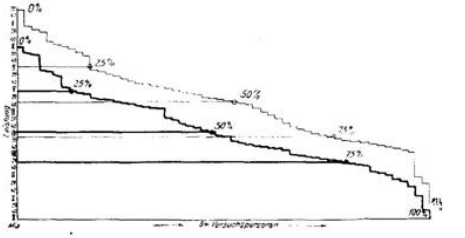

Abb. 148. Stufenkurven der Ausdauer-Leistung in frischem und ermüdetem Zustande.

von 10 Minuten berechnet — 20 % beträgt. Es wäre dies mit Rücksicht auf die vielfach verbreiteten unrichtigen Anschauungen von der Ueberanstrengung im Sport ein relativ günstiges Ergebnis, das auch durch andere Erfahrungen bestätigt wird. Was den qualitativen Verlauf, d. h. das allgemeine Bild der Leistungskurven im normalen Zustand und im ermüdeten Zustand anbetrifft, so ergibt sich gegenüber der ziemlich stark wellenförmigen und vielfach nach oben konvexen Form der Normalkurven jetzt in ermüdetem Zustand ein wesentlich flacherer, geraderer Verlauf, der sonst vielfach für schwächlichere oder neurasthenische Versuchspersonen als charakteristisch bekannt ist.

Die qualitativen Einzelresultate, d. h. die individuellen Verlaufsformen der Kurven bei den einzelnen Versuchspersonen, ergeben sich aus Abb. 149 und 150. Zunächst ist fast durchgehend die große Genauigkeit des Versuchsverfahrens kennzeichnend. Es zeigt sich nämlich, daß, besonders wenn man diejenigen Kurvenbilder herausgreift, bei denen eine geringer ermüdende Leistung zwischen beiden Messungen liegt, der Kurvenverlauf in ganz erheblichem Maße übereinstimmt, jedenfalls ein Zeichen für den geringen Einfluß von etwaigen Versuchsfehlern. Die Normalkurve ist in den Einzelschaubildern durch eine einfache, die Kurve im ermüdeten Zustande durch eine gezahnte Linie angedeutet.

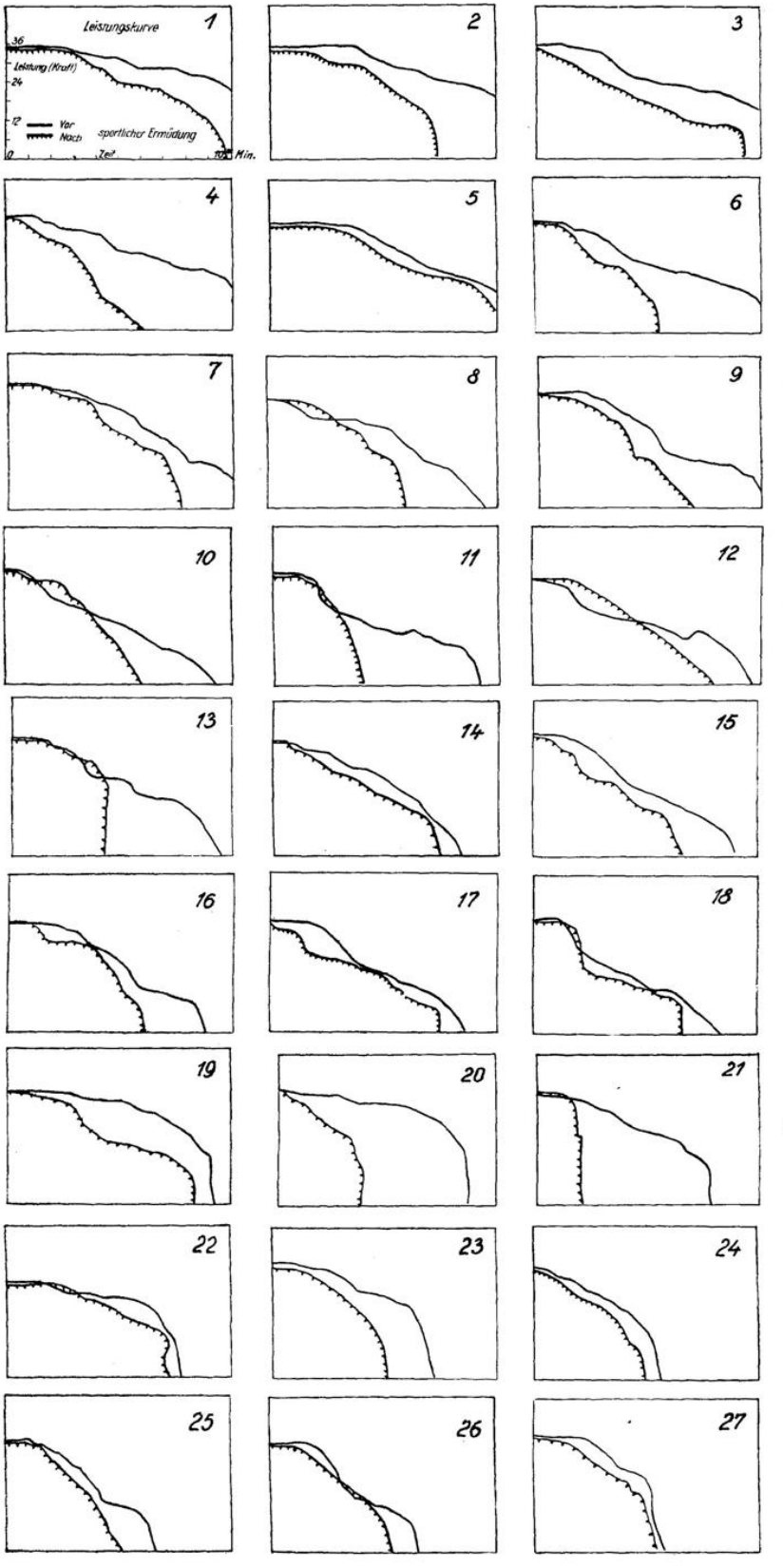

Abb. 149. Individualkurven der Kraft-Ausdauer-Leistung.

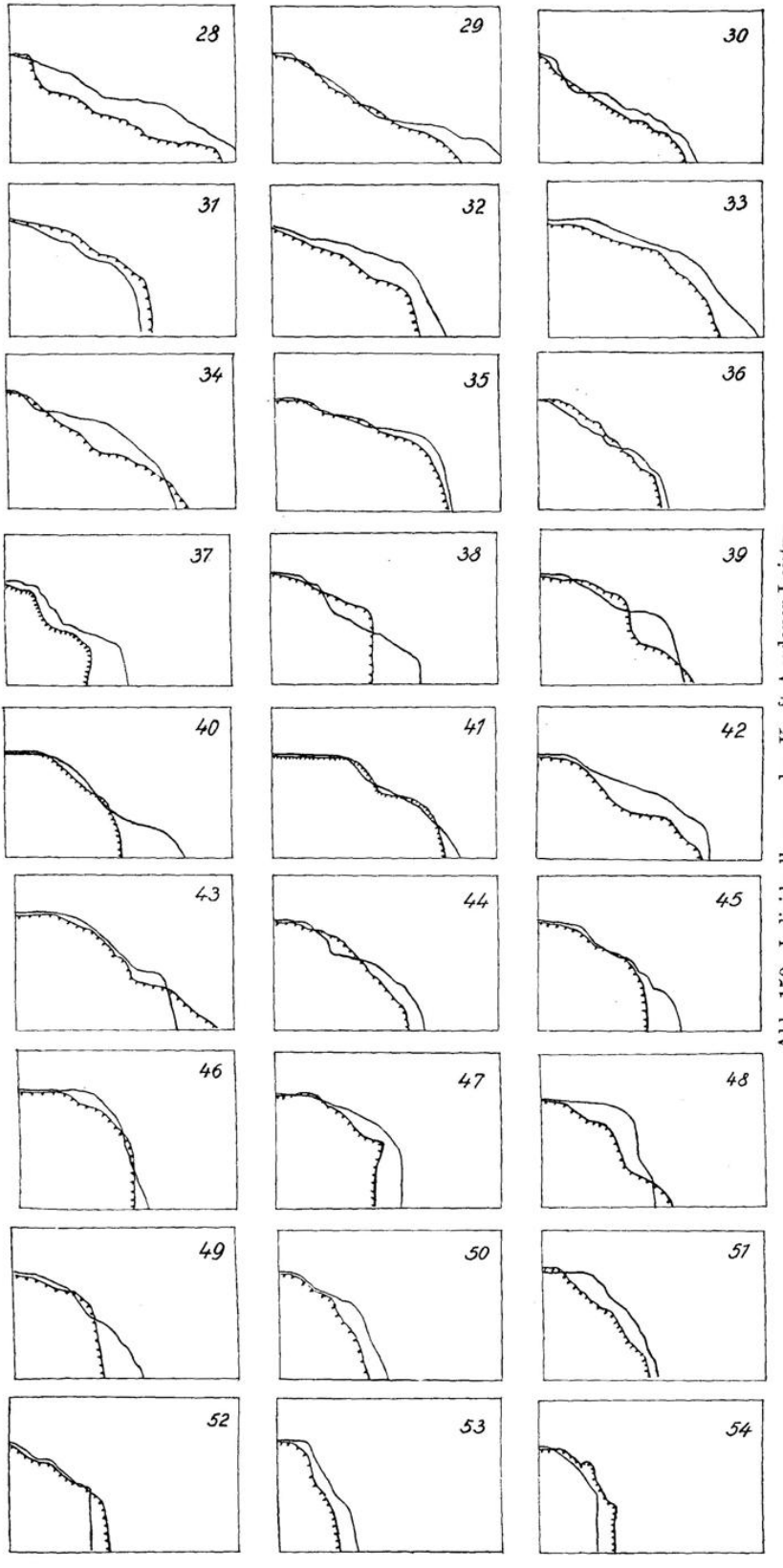

Abb. 150. Individualkurven der Kraft-Ausdauer-Leistung.

In der nachstehenden Tabelle, deren Ordnungszahlen sich auf die Numerierung der 54 Einzelschaubilder beziehen, ist zuerst die zwischen Normal- und Vergleichskurve liegende Ermüdung angegeben, sodann die sportliche Betätigung der Versuchspersonen.

1	1500-m-Lauf	Spiele	28	11 Min. Schwimmen, 10 mal 30 kg gest.	Jiu-Jitsu
2	1500-m-Lauf	Läufer	29	10-Min.-Lauf	—
3	13-Min.-Schwimmen	Schwimmer, Läufer	30	25 mal 30 kg gestemmt	Boxer
4	2200-m-Lauf	Läuter	31	10-Min.-Wettgehen	—
5	450 mal-Hammerschwingen	Hammerschwingen, Kugelstoßen	32	1500-m-Lauf	Mehrkämpfer
6	1000-m-Lauf	Läufer, Fußballer	33	1200-m-Lauf	Turner, Läufer
7	1500-m-Lauf	Turner, Läufer	34	3000-m-Lauf	Läufer
8	1200-m-Lauf	Mehrkämpfer	35	150 mal Hammerschwingen	—
9	2-Runden-Boxen	Läufer, Boxer, Schwimmer	36	1500-m-Lauf, 1-Std.-Fußball	—
10	1000-m-Lauf	Sprinter	37	700-m-Schwimmen, 56-m-Tauchen	Schwimmer
11	24-Std.-Wache, 6-Min.-Reckturnen	Turner	38	1500-m-Lauf	Turner, Fußballer
12	2-Std.-Fußball	Turner	39	1000-m-Lauf	Schlagball
13	1000-m-Lauf, 1-Std.-Faustball	—	40	1-Std.-Faustball, 1500-m-Lauf	Läufer
14	1500-m-Lauf	(Boxer)	41	(24-Std.-Wache)	—
15	2-Std.-Fußball, 1000-m-Lauf	Fußballer	42	900-m-Lauf	—
16	900-m-Lauf	Turner	43	(24-Std.-Wache)	Boxer, Springer
17	50 kg 5 mal gestemmt, beidarmig	Läufer	44	1800-m-Lauf	Mehrkämpfer
18	1500-m-Lauf	Läufer	45	800-m-Lauf	—
19	1500-m-Lauf	— (Spiele)	46	1000-m-Lauf	Turner, Schwimmer
20	1-Std.-Fußball, 1500-m-Lauf	—	47	1000-m-Lauf	Spiele
21	5-Min.-Reckturnen	Turner	48	150 mal Hammerschwingen	Ballspiele
22	1000-m-Lauf	—	49	1200-m-Lauf	—
23	1500-m-Lauf	—	50	1500-m-Lauf, 1-Std.-Faustball	—
24	1500-m-Lauf	Läufer	51	1000-m-Schwimmen (24 Min.)	Schwimmer
25	1000-m-Lauf, 2-Std.-Faustball	Leichtathlet	52	12 mal 30 kg gestemmt	—
26	2-Std.-Schleuderball, 1500-m-Lauf	—	53	1000-m-Laut	—
27	1200-m-Lauf	Läufer	54	1-Std.-Fußball, 1000-m-Lauf	Fußballer

Dem Leser sei empfohlen, an Hand der Tabelle und des Kurvenbildes selbst einmal die typischen Verlaufsformen qualitativ differenzierend zu vergleichen, um einen Ueberblick über die Unterschiede und charakteristischen Wesenheiten der einzelnen Prüflinge zu erhalten.

An Ergebnissen würden wir herausgreifen:

1. 24-stündiger Wachdienst zweier Polizeibeamten (Bild 41 und 43) hat keinen wesentlich erkennbaren Einfluß ausgeübt. Wenn jedoch, wie bei Bild 11, z. B. Reckturnen hinzutrat, wird die Leistung erheblich schneller zur Erschöpfung geführt;
2. Hammerschwingen (5, 35, 48) bewirkt — vermutlich durch den zirkulatorisch anregenden Einfluß — wenig Leistungsunterschied;
3. Reckturnen (21) führt auch bei einem sonst ausdauernden geübten Turner eine sehr hochgradige Herabsetzung der Zugkraftleistung herbei; doch kann es sich hier auch wesentlich um lokale Arm- und Hand-Ermüdung handeln;
4. Schwimmen (3, 28, 37, 51) zeigt — je nach individuellem Typ, Uebung und Anstrengung bei der Leistung — einen im ganzen nicht übermittleren Ermüdungswert;
5. ein ähnliches Bild bieten athletische Uebungen (9, 17, 26, 28, 30);
6. die vielen Beispiele für Laufübungen zeigen gleichmäßig eine parallelgehende mittlere, konstantgroße Ermüdung, gegen Ende, besonders wenn Spiele (Fußball, Faustball, 40) betrieben wurden, ein früheres Uebergehen in den Erschöpfungszustand;
7. wie stark Fußball den Körper durcharbeiten kann, zeigt Bild 20.

Bei der Feststellung des Abfalles der Leistungsfähigkeit als Maß der Ermüdung durch Leibesübungen spielen Veranlagung, Disposition, vorhergehende Tagesarbeit, ganz besonders Training und Widerstandsfähigkeit eine erhebliche Rolle; weiterhin sind Sportart, Wetter, Kampfmomente, Ehrgeiz, Temperament usf. von Bedeutung. Im ganzen haben wir den Eindruck, daß die Prüfung der Leistung am Zugkraftprüfer für die Beurteilung des betreffenden Individuums von sehr hohem symptomatischen Werte ist. Die Versuchsergebnisse des Herrn Pol.-Ob.-Ltn. Podehl stimmten in ganz auffallendem Maße mit der charakterologischen Beurteilung von seiten der Dienststelle überein: „der ganze Mann", d. h. zentrale psychische Bedingungen der Persönlichkeit müssen wohl erfaßt werden.

Wir haben die Einzelleistungen auf Abb. 148—150 nach ihrem Werte für die praktische Arbeit im Sport und Beruf angeordnet. Von Versuchspersonen wie 1—6 etwa ist bekannt, daß sie auch im Dienst und im Sport zäh, ausdauernd, pflichttreu, willig sind. Alle Prüflinge 1—18 sind (mit Ausnahme von 13, der gut veranlagt, aber — wie der abrupte Erschöpfungsabfall zeigt — untrainiert ist) geübte Sportler: wir sehen also den hygienischen Wert einer rationellen Leibesübung. Die sportlich ungeübten Versuchspersonen sind — es ergibt sich dies aus der Tabelle — zunehmend schlecht.

Auch wir haben durchweg finden können, daß die einzelnen Individuen durch typische Arbeits- oder Ermüdungskurven gekennzeichnet sind. Meumann hatte im wesentlichen drei typische Verlaufsformen gefunden:

1. den nach oben konvexen Typ, der sich durch große Ausdauer auszeichnet;
2. den im wesentlichen gleichmäßig und geradlinig abfallenden Typ und
3. die nach unten konkav verlaufende Kurve, die schwächlichen oder leicht ermüdbaren Menschen entspricht.

Entsprechend der veränderten Technik des Versuchsverfahrens gegenüber dem Mosso'schen Ergographen ergeben sich uns etwas modifizierte Formen, die aber im Prinzip durchaus den früher aufgestellten entsprechen. Die empirischen Bilder zeigen eine Fülle stetig ineinander übergehender Individualformen, so den fast wagerechten Verlauf im Normalversuch von Bild 1 oder 2, den schön konvexen Abfall im Ermüdungsversuch von Bild 2, die gerade stetige Form in beiden Kurven von Bild 4, die sanft abfallende Linie von Bild 5, die energischen Horizontalen in 8 und 9, wieder die ausdauernd konvexen Formen in 19 und 20 usw., endlich die schnell oder unvermittelt Erschöpften, die vorzeitig „schlapp machen".

Auf Grund unserer Ueberlegungen und praktischen Erfahrungen, die in der Uebereinstimmung mit dem Urteil dritter Stellen ihre Bestätigung fanden, darf die Methode der Ermüdungsprüfung durch statische Arbeitsmessung für sportliche Eignungs- und Leistungsprüfungen also wohl empfohlen werden[6]).

---

[6]) Was das Wesen des Ermüdungsvorganges anbetrifft, so möchten wir — mit allem Vorbehalt — auf gewisse Aehnlichkeiten mit den leichteren Entzündungsvorgängen der Pathologie hinweisen. (Vgl. dazu S. 175, Anm. 5.) Auch die Entzündung ist wie die Ermüdung eine durch Reize ausgelöste Störung des biologischen Gleichgewichts, die der Abwehr oder Beseitigung der verursachenden Schädlichkeit dienen kann. (Vergl. z. B. v. Gierke, Taschenbuch der patholog. Anatomie. 4. Aufl., Leipzig, 1918.) Besonders die charakteristische Hyperämie (Blutüberfüllung) und Leukozytose (aktive Auswanderung farbloser Blutkörperchen), aber auch andere auffallende Uebereinstimmungen [vgl. die bekannten Kardinalsymptome der Entzündung: Rubor (Rötung), Tumor (Schwellung), Calor (Temperatursteigerung), Dolor (Schmerz)] waren für uns Veranlassung, den Ermüdungsverlauf experimentell, insbesondere blutphysiologisch-diagnostisch, zu verfolgen. Daneben versprechen Serologie und Proteïnkörperlehre Aufschluß über die wahren Ursachen aller (Nerven- wie Muskel-) Ermüdung zu geben. — Ein alter Plan von uns geht ferner dahin, einige Versuchspersonen durch leichte, aber eventl. mehrere Tage fortgesetzte einmal körperliche, ein anderes Mal geistige Arbeit, die nicht durch Schlaf, aber eventl. durch Ernährung unterbrochen wird, bis knapp zur Erschöpfung — man denke an die Leistungen des Frontsoldaten im Kriege — zu ermüden und dabei ständig durch physiologische und psychologische Kontrollmessungen sowie praktische Leistungsbestimmungen den Verlauf zu beobachten.