

Vj 294018  
XX 00314 3825

Biblioteka Gl. AWF w Krakowie



1800062170

70173





BEIHEFTE  
ZUM  
ZENTRALBLATT FÜR GEWERBEHYGIENE  
UND UNFALLVERHÜTUNG

Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Gewerbehygiene  
in Frankfurt a. M., Viktoriaallee 9

---

BEIHEFT 7

ARBEIT UND ERMÜDUNG

von

Professor Dr. E. ATZLER-Berlin; Gewerbemedizinalrat  
Dr. H. BETKE-Wiesbaden; Dr. G. LEHMANN-Berlin;  
Professor Dr. E. SACHSENBERG-Dresden

nebst Beiträgen von

Medizinalrat Dr. L. ASCHER-Frankfurt a. M.;  
Dr. BRIEGER-Marburg a. L.; Dr. E. SIMONSON-Frankfurt a. M.

MIT 44 TEXTABBILDUNGEN UND 9 TABELLEN



BERLIN  
VERLAG VON JULIUS SPRINGER

1927

54

BEIHEFTE

NEURALSCHWÄCHE UND ERNÄHRUNG

ARBEIT UND ERNÄHRUNG



762



VERLAG VON J. B. NEUBAUER

1917

## Vorwort.

Das Arbeitsprogramm der Deutschen Gesellschaft für Gewerbehygiene bringt den Fragen der Arbeitspsychologie und Arbeitsphysiologie in ihren Beziehungen zur Gewerbehygiene ein besonderes Interesse entgegen. Die Gesellschaft hat daher in ihrem unter Leitung des Herrn Ministerialdirektor Geh. Obermedizinalrat Dr. Krohne vom preußischen Ministerium für Volkswohlfahrt stehenden Ausschuß für gesundheitsgemäße Arbeitsgestaltung eine besondere Kommission zur Bearbeitung dieser Fragen eingesetzt. Um auch den Mitgliedern der Gesellschaft und der breiteren Öffentlichkeit Gelegenheit zu geben, sich über einzelne wichtige Fragen aus dem Arbeitsgebiet dieses Ausschusses zu orientieren, hatten Vorstand und Arbeitsausschuß der Gesellschaft als erstes Verhandlungsthema der im September 1926 in Wiesbaden veranstalteten 3. Jahreshauptversammlung ein Thema aus dem Gebiete der Arbeitsphysiologie gewählt und die Frage der Beziehungen zwischen Arbeit und Ermüdung zur Besprechung gestellt. Die Hauptvorträge hatten dankenswerterweise die Herren Prof. Dr. Atzler, Berlin, Dr. Lehmann, Berlin, Gewerbemedizinalrat Dr. Betke, Wiesbaden, und Prof. Dr. Sachsenberg, Dresden, übernommen. Herr Prof. Dr. Atzler, Berlin, Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Arbeitsphysiologie, behandelte die „Physiologie der Ermüdung“, welches Thema Herr Dr. Lehmann, Berlin, Assistent des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Arbeitsphysiologie, durch „Methodische Bemerkungen“ ergänzte. Die Fragen von „Arbeit und Ermüdung, Ermüdungsausgleich und Erholung“ besprach Herr Gewerbemedizinalrat Dr. Betke aus Wiesbaden. Einen abschließenden Vortrag über die „Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung auf dem Gebiete der Ermüdung und ihre Anwendbarkeit auf die Praxis“ hielt Herr Prof. Dr. Sachsenberg von der Technischen Hochschule in Dresden. Weitere wichtige Ergänzungen über das Verhandlungsthema der Jahreshauptversammlung brachten die kurzen Vorträge des Herrn Medizinalrat Dr. Ascher, Frankfurt a. M., über „Bewegungsstudie und Ermüdung“; des Herrn Dr. Brieger, Marburg, über „Wirkungen der technischen Möglichkeiten der physiologischen Rationalisierung“ und „ein hämatologischer Beitrag zur Ermüdungsfrage“ und des Herrn Dr. Simonson, Greifswald, über „Erholung nach körperlicher Arbeit

und Methoden ihrer Messung“. Eine angeregte Diskussion vermittelte weitere Anregungen.

Das vorliegende siebente Beiheft zum Zentralblatt für Gewerbehygiene und Unfallverhütung faßt in weiterer Bearbeitung die Ergebnisse der Verhandlungen der vorjährigen Jahreshauptversammlung der Gesellschaft über das Thema „Arbeit und Ermüdung“ zusammen. Wir hoffen, daß die Veröffentlichung den Lesern, soweit dies im Rahmen einer kurzen Veröffentlichung für die Zwecke der Orientierung möglich ist, einige anregende Hinweise für die Bedeutung der Erforschung des Ermüdungsproblems vermittelt und damit zu ihrem Teil dazu beiträgt, die Zweckmäßigkeit arbeitsphysiologischer Betrachtungsweise für die an der Gewerbehygiene in Wissenschaft und Praxis interessierten Kreise darzulegen.

Frankfurt a. M., Viktoriaallee 9, im Mai 1927.

## Deutsche Gesellschaft für Gewerbehygiene.

Die Geschäftsführung:

Dr. Eger.

## Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort . . . . .	III
ATZLER, E., Berlin. Physiologie der Ermüdung. Mit 1 Textabbildung . . . . .	1
LEHMANN, G., Berlin. Methodische Bemerkungen zur Ermüdungsfrage. Mit 19 Textabbildungen . . . . .	10
BETKE, H., Wiesbaden. Arbeit und Ermüdung, Ermüdungsausgleich, Erholung . . . . .	28
SACHSENBERG, E., Dresden. Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung auf dem Gebiete der Ermüdung und ihre Anwendbarkeit auf die Praxis. Mit 12 Textabbildungen und 4 Tabellen . . . . .	46
ASCHER, L., Frankfurt a. M. Bewegungsstudie und Ermüdung. Mit 8 Textabbildungen . . . . .	66
BRIEGER, Marburg a. L. Ein hämatologischer Beitrag zur Ermüdungsfrage . . . . .	73
BRIEGER, Marburg a. L. Wirkungen der technischen —, Möglichkeiten der physiologischen Rationalisierung. Mit 4 Textabbildungen und 1 Tabelle . . . . .	75
SIMONSON, E., Frankfurt a. M. Erholung nach körperlicher Arbeit und Methoden ihrer Messung. Mit 4 Tabellen . . . . .	79
Diskussion . . . . .	85



## Physiologie der Ermüdung<sup>1)</sup>.

Von Professor Dr. E. ATZLER

Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Arbeitsphysiologie, Berlin.

Mit 1 Textabbildung.

In aller Munde ist heute das Wort „Rationalisierung“. Vom Taylorismus, noch mehr vom Fordismus erwartet man die Gesundung unserer Wirtschaft. Da taucht aber sofort die Frage auf, ob sich diese amerikanischen Methoden ohne weiteres auf deutsche Verhältnisse übertragen lassen. Wenn Ford so gewaltige Erfolge erzielte, so verdankt er dies nicht allein einer „Rationalisierung“, sondern auch einer „Intensivierung“ der Arbeit.

Wenn geeignete Betriebe miteinander verkoppelt werden, wenn man für gute Arbeitsmaschinen und für einen geordneten Fabrikationsgang sorgt, und wenn man schließlich durch Typisierung der Fabrikate eine Energievergeudung vermeidet, so faßt man alle diese Maßnahmen unter dem Begriff „Rationalisierung“ zusammen. Diese Rationalisierungsmethoden können und müssen wir von den Amerikanern übernehmen. Ja, wir sollen sie sogar weiterentwickeln. Große Vorsicht ist dagegen geboten bei jedem Versuch, die Arbeit des Menschen zu intensivieren. Das laufende Band ist zwar ein höchst einfaches Mittel, um die Arbeitsintensität zu regulieren. Aber man muß dieses Mittel nicht nur nach betriebstechnischen, sondern auch nach physiologischen Gesichtspunkten dosieren. Uns in Europa fließt nicht dieser Fremdenstrom zu wie den Vereinigten Staaten. Der Dollar lockt Scharen unverbraucher, junger Leute nach dem reichen Amerika; dort hoffen sie, in einigen Jahren harter Fronarbeit genügend „Geld zu machen“, um sich in ihrer Heimat auf eigener Scholle ansiedeln zu können. Wie viele Träume mögen durch die harte Wirklichkeit zerstört werden! Wie wenige mögen es sein, die ihre Heimat je wiedersehen!

Was würde geschehen, wenn wir bei uns den Fordismus streng kopieren würden? Wir würden unsere Arbeiter vorzeitig abnützen und damit unser Volk dem Niedergang entgegentreiben. Der gelernte Arbeiter würde verschwinden, die Aufstiegsmöglichkeiten würden verringert, und das Heer der Arbeitsinvaliden würde beängstigend anwachsen. So sehen wir, daß es nicht angängig erscheint, die amerikanischen Methoden kritiklos zu kopieren.

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten am 16. 9. 26. in Wiesbaden.

Wir müssen uns selbst helfen, wir müssen nach Methoden arbeiten, die auf unsere heimischen Verhältnisse passen. Uns interessiert in diesem Zusammenhang diejenige Seite des Problems, die den schaffenden Menschen betrifft. Wollen wir aber die Rückwirkungen der Arbeit auf den Menschen studieren, so stoßen wir zunächst auf den großen Fragenkomplex der Ermüdung.

Da müssen wir nun leider sagen, daß die Physiologie der Ermüdung noch nicht so weit durchforscht ist, daß wir nach allen Richtungen hin klar sehen. Ja, selbst eine wissenschaftlich einwandfreie Definition des Begriffes „Ermüdung“ zu geben, stößt noch auf große Schwierigkeiten. Wir wollen uns fürs erste mit der üblichen Deutung begnügen, welche besagt, daß eine Ermüdung vorliegt, wenn die Leistungsfähigkeit abnimmt. Diese Definition trifft auch für ganz einfache Versuchsanordnungen zu.

Wenn ich einen überlebenden, herausgeschnittenen Froschmuskel mit rhythmischen, elektrischen Schlägen reize, so wird jeder Reiz von einer Muskelzuckung beantwortet. Zu Beginn des Versuchs ist eine Zuckung so groß wie die andere. Je länger wir aber den Muskel unter dem Einfluß der künstlichen Reize arbeiten lassen, um so geringer wird die Zuckungshöhe. Schließlich beantwortet der Muskel den Reiz überhaupt nicht mehr. Durchspülen wir jetzt die Blutgefäße des Muskels mit einer Salzlösung, so spricht der Muskel neuerdings auf die künstlichen Reize an. Es müssen sich also Ermüdungsstoffe während der Arbeit angehäuft haben, welche den Muskel lähmen. Spült man diese Stoffe weg, so gewinnt der Muskel seine Arbeitsfähigkeit zurück. Aber doch nur für eine kurze Zeit! Bei erneuter Durchspülung kann man vielleicht eine dritte, auch eine vierte Zuckungsserie erzwingen, aber schließlich versagt der Muskel seinen Dienst.

Wenn er jetzt nicht mehr auf einen Reiz reagiert, so liegt das nicht an einer Anhäufung von Ermüdungsstoffen, sondern an einem völligen Verbrauch der in ihm befindlichen Energievorräte: das Brennmaterial des Muskels ist erschöpft. Nach anstrengender sportlicher, sowie nach schwerer körperlicher Arbeit finden wir eine Form der Ermüdung, die mit der in unserem Versuch beschriebenen Ermüdung eine gewisse Ähnlichkeit hat. Auch auf dem Sportplatz können sich die Energievorräte des Muskels erschöpfen. Aber während sich der herausgeschnittene Muskel von dieser Anstrengung nicht erholen kann, sehen wir beim Menschen, daß dieser Erschöpfungszustand meist ziemlich rasch überwunden wird. Vom lebenden Organismus werden die Kraftstoffspeicher, die sich während der Arbeit geleert haben, in der Ruhe mit neuem Energiematerial aufgefüllt. Auch wird durch nervöse Mechanismen dafür gesorgt, daß diese Speicher unter dem Einfluß der willkürlichen Reizung nicht so weit ausgeschöpft werden, wie es beim isolierten Muskel, der künstlich gereizt wird, der Fall ist.

Wenn auch gewisse Analogien zwischen der Ermüdung des isolierten Muskels und des Muskels im Organismenverbande bestehen, so sind die Verhältnisse durchaus nicht in allen Punkten die gleichen. Daran ändert auch nichts die Tatsache, daß der Verlauf der Ermüdung in beiden Fällen eine ähnliche Kurve gibt. Mosso löste die Aufgabe, das Verhalten eines Muskels im Menschen zu untersuchen, mit Hilfe des nach ihm benannten Ergographen. Um den Mittelfinger wird ein kleiner Gurt gelegt, an dem das eine Ende einer Schnur befestigt ist. Das andere Ende der über eine Rolle ziehenden Schnur trägt ein Gewicht. Die Versuchsperson hat die Aufgabe, den Mittelfinger nach den Taktschlägen eines Metronoms zu beugen und zu strecken und dadurch das Gewicht abwechselnd zu heben und zu senken. Da der Arm

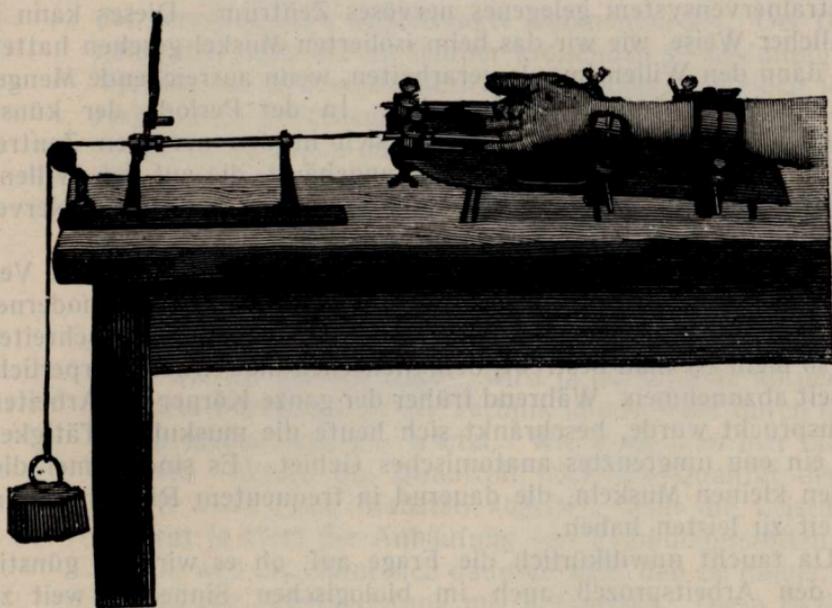


Abb. 1.

fixiert ist, so ist es lediglich der Beugemuskel des Mittelfingers, welcher die Hubarbeit leistet. Die Größe der Fingerexkursionen wird in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise auf eine rotierende, berußte Trommel durch einen Zeiger geschrieben.

Wir erhalten einen ähnlichen Kurvenverlauf wie beim isolierten Froschmuskel. Auch hier sinkt die Leistungsfähigkeit des Fingers mit der Zeit ab. Schließlich ist der Mensch überhaupt nicht mehr imstande, das Gewicht zu heben. „Der Muskel ist ermüdet“, meint der Laie. Nun ist aber durchaus nicht gesagt, daß der Muskel als solcher ermüdet ist. Ja, die experimentelle Untersuchung zeigt, daß der angeblich ermüdete Muskel zwar nicht mehr auf den natürlichen, wohl aber auf einen künstlichen elektrischen Reiz anspricht. Reize ich mit einer Elektrode die Hautstelle, unter welcher der zum Muskel

führende Nerv liegt, so beginnt der Muskel wieder zu zucken. Wenn also der Finger bei der natürlichen Reizung den Dienst versagte, so lag dies nicht daran, daß der Muskel ermüdet war. Die Ermüdung muß sich vielmehr in irgendwelchen anderen organischen Gebilden festgesetzt haben. Wir wollen unser Experiment an dem Ergographen weiter fortsetzen, um den Sitz der Ermüdung zu ermitteln. Wir setzen die künstliche Reizung so lange fort, bis der Muskel so stark ermüdet ist, daß er nicht mehr zuckt. Wir legen die Elektrode beiseite und bemerken zu unserem Erstaunen, daß der Muskel jetzt imstande ist, sich unter dem Einfluß des natürlichen Reizes zu kontrahieren und Arbeit zu leisten. Der Grund für dieses sonderbare Verhalten ist folgender. Der Willensimpuls des Menschen trifft auf ein in dem Zentralnervensystem gelegenes nervöses Zentrum. Dieses kann in ähnlicher Weise, wie wir das beim isolierten Muskel gesehen hatten, nur dann den Willensimpuls verarbeiten, wenn ausreichende Mengen von Explosionsstoff vorhanden sind. In der Periode der künstlichen elektrischen Reizung haben sich in den nervösen Zentren wieder genügend solche Kraftstoffe angehäuft, die auf den Willensimpuls reagieren, wenn die künstliche, auf den peripheren Nerven treffende Reizung wirkungslos geworden ist.

Dieser Versuch ist von grundlegender Bedeutung für das Verständnis einer Ermüdungsform, der wir besonders in modernen Fabrikbetrieben begegnen. Je weiter die Technik voranschreitet, um so mehr ist man bestrebt, dem Menschen die schwere körperliche Arbeit abzunehmen. Während früher der ganze Körper des Arbeiters beansprucht wurde, beschränkt sich heute die muskuläre Tätigkeit auf ein eng umgrenztes anatomisches Gebiet. Es sind immer dieselben kleinen Muskeln, die dauernd in frequentem Rhythmus ihre Arbeit zu leisten haben.

Da taucht unwillkürlich die Frage auf, ob es wirklich günstig ist, den Arbeitsprozeß auch im biologischen Sinne so weit zu spezialisieren, wie das in der modernen Fabrik vielfach geschieht. Was erfolgt, wenn das Tempo, in dem die Arbeit geleistet werden muß, zu flott ist, so daß ein Mißverhältnis zwischen dem Ab- und Aufbau der Kraftstoffe und zwischen der Erzeugung und der Wegräumung der Ermüdungsschlacken eintritt? Die Erfahrung lehrt, daß die Leistung nicht abzunehmen braucht, trotzdem sich immer mehr Ermüdungsstoffe in den nervösen Zentren anhäufen. Monate, selbst Jahre können vergehen, ehe diese chronische Schädigung die Leistungsfähigkeit merklich beeinflußt. Gönnen man den Zentren zwischen zwei aufeinanderfolgenden Arbeitsphasen nicht genügend Ruhe, so kann sich der Organismus auf zweierlei Weise helfen. Er zieht entweder an Stelle der ermüdeten, benachbarte Zentren, die noch frisch sind, heran, oder es werden stärkere Willensimpulse erteilt. Sicherlich wird auch der Eintritt einer solchen chronischen Ermüdung dadurch begünstigt, daß tagaus, tagein der gleiche Willensimpuls in

immer gleichbleibendem Rhythmus erteilt werden muß. Besonders bedroht dürften solche Arbeiter sein, die zur Durchführung einer Arbeitsbewegung gewisse Muskelgruppen dauernd kontrahieren müssen, um zum Beispiel den Arm oder die Hand in der günstigsten Stellung zu fixieren.

Durig<sup>1)</sup> weist in seiner lesenswerten Studie über die Theorie der Ermüdung darauf hin, daß nervöse Zentren, welche beansprucht sind, eine verminderte Widerstandskraft gegen Schädigungen besitzen. Er erinnert an die interessanten Versuche Telekys<sup>2)</sup>, der zeigen konnte, daß sich die Bleilähmung in denjenigen Bezirken lokalisiert, die durch die Berufsarbeit besonders angestrengt werden. So erlahmt bei einem Feilenhauer unter der Giftwirkung des Bleies der beruflich stark angestrengte Daumenmuskel. Der Gedanke liegt nahe, daß auch die im Körper kreisenden Ermüdungsgifte sich mit Vorliebe in denjenigen Bezirken ansiedeln, die einen *locus minoris resistentiae* darstellen.

Es ist natürlich außerordentlich wichtig, diese gefährliche Form der chronischen Ermüdung rechtzeitig zu erkennen. Man hat eine Unmenge von Ermüdungstests vorgeschlagen, mit deren Hilfe man glaubte, entweder den ersten Eintritt oder gar den Grad der Ermüdung feststellen zu können. Bei einer im Gefolge schwerer körperlicher Arbeit auftretenden Ermüdung, die ihren Sitz vorwiegend im Muskelsystem hat, kann man die Ermüdung auch objektiv nachweisen. Aber wie wir gesehen haben, wird ja die schwere körperliche Arbeit mit dem Fortschreiten der Technik immer mehr durch flinke Dauerarbeit kleiner Muskeln ersetzt. Wie kann man hier die Ermüdung messen. Weder die Quantität noch die Qualität der geleisteten Arbeit kann einen Maßstab abgeben, denn die Leistungsfähigkeit braucht ja trotz der Anhäufung von Ermüdungsstoffen nicht abzusinken, weil die Natur sich dadurch hilft, daß sie immer neue Organbezirke zur Arbeitsleistung mit heranzieht. Diese Bezirke, die der Ermüdung anheimfallen, sind mikroskopisch klein. Wenn sich hier auch schwerwiegende biochemische Reaktionen abspielen, so dürfen wir doch nicht erwarten, daß toxische Produkte den Organismus überschwemmen und die Leistungsfähigkeit anderer Organe in ähnlicher Weise beeinträchtigen, wie das bei schwerer, körperlicher Arbeit der Fall ist.

Und nun kommt noch eine weitere Schwierigkeit hinzu. Vergewärtigen wir uns doch einmal, was bei einer solchen „Zentrenarbeit“ passiert. Von dem durch den Willensimpuls gereizten Zen-

<sup>1)</sup> Durig, A. — Schrift des 3. Internat. Kongr. f. Gewerbekrk. 1916, Österr. Sanitätswesen 28, Nr. 18, ferner aus der Feder des gleichen Autors: „Die Theorie der Ermüdung“, Hdb. der Arbeitsphysiologie „Körper und Arbeit“. Herausgegeben von E. Atzler. — Verlag Georg Thieme, Leipzig 1927.

<sup>2)</sup> Teleky, Mschr. J. für Psych. 27, Klin. Woch. 1913.

trum überträgt sich die Erregung auf dem Wege des peripheren Nerven auf den Muskel. Um eine fein koordinierte Bewegung zu ermöglichen, müssen sensorische Apparate den richtigen Ablauf der Bewegung kontrollieren und Unebenheiten ausgleichen. Diese Modulation unterstützen auch wesentlich die von Paul Hoffmann<sup>1)</sup> studierten Eigenreflexe. Nimmt in einem Muskel plötzlich die Spannung zu, so erfolgt auf dem Wege des Eigenreflexes eine Gegenspannung. Auf diese Weise werden Unebenheiten im Bewegungsablauf ausgeglichen. Diesen Eigenreflexen treten Fremdenreflexe zur Seite, die auch ihrerseits an dem Zustandekommen einer zielgerichteten Bewegung beteiligt sind.

Wir begnügen uns mit dem Hinweis auf eine Form dieser Fremdreflexe, nämlich auf die von Magnus<sup>2)</sup> und seinen Schülern beschriebenen Stellreflexe, welche für die Beibehaltung einer Arbeitsstellung von großer Bedeutung sind.

Wollten wir alle die Reflexe schematisch wiedergeben, die an dem Zustandekommen einer geordneten Arbeitsbewegung beteiligt sind, so würde ein großer Wirrwarr von Linien entstehen. Wir können hier darauf verzichten; denn es sollte ja nur gezeigt werden, wieviel nervöse Gebilde sich an dem Ablauf relativ einfacher, zielgerichteter Bewegungen beteiligen. Für uns ist von größter Wichtigkeit die Frage, welche Teile zuerst der Ermüdung anheimfallen. Wir haben schon gesehen, daß die Ermüdung nur in seltenen Fällen den Muskel betrifft. Wir können jetzt nachtragen, daß die peripheren Nerven praktisch unermüdbar sind. Es bleiben also einerseits die verschiedenen Zentren, die an diesem komplizierten Geschehen beteiligt sind, andererseits die sensiblen Nervenendigungen, von denen die verschiedenen Reflexe ausgehen, und schließlich die motorische Nervenendplatte.

Der Gedanke liegt nahe, daß die Feinheit und Exaktheit des Bewegungsablaufes beeinträchtigt wird, wenn irgendein Teilmechanismus infolge der Ermüdung versagt. In der Tat läßt sich durch das Studium der Bewegung in manchen Fällen zeigen, daß die Bewegungsform mit dem Einsetzen der Ermüdung ihren geordneten Charakter verliert. Man kann also die Koordinationsstörungen zur Messung der Ermüdung benutzen. Freilich ist scharfe Kritik geboten. Offenbar können auch hier die in die Reflexbahnen eingeschalteten Zentren durch benachbarte ersetzt werden, und dann ergab sich aus unseren Versuchen, über die Herr Dr. Lehmann im Anschluß an diese Ausführungen berichten wird, daß auch der Willensimpuls äußere Ermüdungszeichen zu unterdrücken vermag. Immerhin kann man heute sagen, daß alle diejenigen Verfahren, welche die Koordinationsstörungen der Messung der Ermüdung zugrunde legen, nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse als die aussichtsreichsten zu bezeichnen sind.

<sup>1)</sup> Hoffmann, Paul. — Unters. über die Eigenreflexe (Sehnenreflexe) menschlicher Muskeln. — Berlin 1922. — Julius Springer.

<sup>2)</sup> Magnus, R. — Körperstellung. Verlag Julius Springer. Berlin 1924.

Wenn wir von der durch schwere Muskelarbeit hervorgerufenen allgemeinen Körperermüdung absehen, so muß man zur Bestimmung der Ermüdung immer dasjenige Organ untersuchen, das an dem Arbeitsprozeß maßgebend beteiligt ist. Eine Ermüdung, die vorwiegend das Auge oder den Tastsinn betrifft, wird kaum Rückwirkungen auf den Gesamtkörper ausüben. Bei rein geistiger Arbeit wird man also an die Kraepelinsche Addiermethode denken, um nur ein Beispiel zu erwähnen. Kommt es auf Arbeiten an, die vermutlich den Muskelsinn ermüden, so kann man das Blixsche Verfahren benutzen usw.

Ob freilich solchen Untersuchungen ein hoher praktischer Wert zukommt, das muß erst die Zukunft lehren. Von dem komplizierenden Einfluß psychischer Faktoren wollen wir ganz absehen. Viel wichtiger erscheint mir der Hinweis, daß eine Ermüdung an sich durchaus nicht schädlich ist; nur dann wird sie gefährlich, wenn sich mit der Zeit Ermüdungsreste anhäufen. Leider müssen wir gestehen, daß es eine Methode, durch die wir diese Ermüdungsreste bestimmen können, zurzeit nicht gibt. Aber die Fragestellung ist klar herausgearbeitet, und damit ist der Wissenschaft der Weg gewiesen, den sie zu gehen hat.

Können wir somit heute noch keine brauchbaren Methoden zur Messung der Ermüdung im praktischen Betriebe vorbehaltlos empfehlen, so ist es doch möglich, die Ermüdung in wissenschaftlich einwandfreier Weise zu bekämpfen. Der Weg, den wir hierbei einschlagen, ist freilich ein indirekter. Wenn wir auch fürs erste die Länge des Arbeitstages, die Anordnung der Pausen usw. nach wissenschaftlich einwandfreien Grundsätzen nicht vorschreiben können, so brauchen wir doch nicht in stumme Resignation zu versinken. Wir müssen uns bescheiden auf diejenigen Gebiete beschränken, die wir mit unseren heutigen Kenntnissen erforschen können. Und es bleibt auch trotz dieser Einschränkung genug übrig, was schon heute der Allgemeinheit nutzen kann. Legen wir uns diese Mäßigung auf, so stehen wir auf dem Boden gesicherter, experimenteller Tatsachen; wir finden Gesetzmäßigkeiten, denen unter allen Umständen Gültigkeit zukommt. Das ist besonders bemerkenswert, wenn wir uns der großen Zahl von Faktoren erinnern, die den Arbeitsertrag und die Arbeitsfähigkeit des Menschen bestimmen; die Einflußstärke dieser Faktoren auf die Arbeitsgestaltung können wir auch nicht näherungsweise abschätzen.

An einigen Beispielen sei dies erläutert. Es ist bekannt, daß die statische Arbeit besonders ermüdend wirkt. Wir leisten eine statische Arbeit, wenn wir z. B. mit nach vorn gestrecktem Arm ein Gewicht längere Zeit halten. Äußere Arbeit im Sinne der Physik wird hierbei nicht geleistet. Es kompensieren sich lediglich zwei entgegengesetzt gerichtete Drehmomente. Im gewerblichen Leben gibt es wohl kaum einen Arbeitsvorgang, bei dem diese

statische Komponente ganz fehlt. Eine Näherin muß eine gewisse statische Arbeit leisten, um den Kopf in der geeigneten Stellung zu halten, ebenso leistet, um ein anderes Beispiel zu nennen, der chirurgische Assistent, der während der Operation die Wundränder auseinanderhält, statische Arbeit.

Der statisch beanspruchte Muskel ist dauernd kontrahiert und preßt dadurch die Blutzufuhr ab; neues Brennmaterial kann ihm nicht zugeführt werden; die Stoffwechselschlacken können also nicht beseitigt werden. Während sich bei einer dynamischen Muskelarbeit, die unter Bewegung erfolgt, diese Ermüdungsgifte über das ganze Körpergebiet verteilen und in ihrer Giftwirkung abgeschwächt werden, häufen sie sich in den statisch arbeitenden Muskeln an. Die statische Arbeit führt überdies zu unangenehmen Sensationen, die wohl auf einer Druckreizung sensibler Nervenendigungen in den Sehnen und Gelenkkapseln beruhen.

Durch Bewegungsstudien kann man den Grad der statischen Durchsetzung eines Arbeitsvorganges und den Eintritt der Ermüdung sehr schön verfolgen. Bei einer Versuchsperson, die beispielsweise die Aufgabe hat, bei leicht im Ellbogengelenk gekrümmten Arm nach einem vorgeschriebenen Rhythmus ein Gewicht um 75 cm längere Zeit über aufwärts zu heben und zu senken usw., drückt sich die Ermüdung in einer Störung der Koordination der Bewegung aus. Die Störung beobachten wir um so früher, je langsamer die Hebungen und Senkungen erfolgen. Das hängt damit zusammen, daß das Verhältnis des statischen zum dynamischen Anteil um so größer ist, je langsamer wir die Arbeit durchführen. Es ist natürlich klar, daß ein hoher Grad einer statischen Durchsetzung unter allen Umständen ungünstig ist. Mögen die übrigen Arbeitsverhältnisse noch so vorteilhaft sein, der Arbeiter, dem wir eine solche Bewegungsform aufzwingen, steuert einer vorzeitigen Ermüdung zu, die sich durch eine geschicktere Anordnung des Bewegungsprozesses vermeiden ließe<sup>1)</sup>.

Oder ein anderes Beispiel, welches Ihnen zeigen soll, daß gewisse Bedingungen unter allen Umständen erfüllt sein müssen, um eine rationelle Arbeitsweise zu ermöglichen. Wenn ein Arbeiter z. B. eine stark belastete Kurbel dreht, deren Achse so niedrig angeordnet ist, daß er sich stark bücken muß, so arbeitet er unter ungünstigen Verhältnissen. Würde man die Kurbelachse etwas höher anordnen, so könnte er viel rationeller sein Werk verrichten.

Wir sehen also, daß man danach trachten muß, die Arbeit möglichst zu erleichtern; ungünstige Bewegungen müssen als solche erkannt und beseitigt werden. Wir müssen den Arbeitsprozeß so gestalten, daß er der Eigenart des belebten Motors gut angepaßt ist.

<sup>1)</sup> Näheres über diese „physiologische Rationalisierung“ der Arbeit siehe: Atzler, Körper u. Arbeit, Hdb. der Arbeitsphysiologie (Verlag Georg Thieme, Leipzig 1927) S. 409—487.

Das ist aber im allgemeinen nur dann der Fall, wenn der Mensch unter günstigstem Wirkungsgrad arbeitet, d. h. wenn er eine bestimmte Leistung mit möglichst geringem Energieverbrauch vollführt.

Will man also die gewerbliche Ermüdung wirksam bekämpfen, so muß man diejenigen Bedingungen erkennen, unter denen eine Höchstleistung mit geringstem Energieverbrauch von seiten des Arbeiters vollbracht werden kann. Die Wissenschaft bietet uns die Hilfsmittel, um den Wirkungsgrad bei den verschiedenen Betätigungen des Menschen zu bestimmen. Wir können einerseits die geleistete äußere Arbeit nach den Regeln der Technik feststellen, andererseits können wir auch den hierzu nötigen Energieaufwand mit Hilfe von Respirationsapparaten ermitteln. Das Verfahren, nach dem wir bei unseren Rationalisierungsversuchen vorgegangen sind, basiert auf folgender Überlegung. Jede menschliche Arbeit, die in der Fabrik, im Land- oder Forstbetrieb oder sonstwo ausgeführt wird, setzt sich aus einer gewissen Zahl von Elementarbewegungen zusammen. Wir konnten schätzungsweise feststellen, daß etwa 30—40 solche Arbeitselemente existieren, durch deren sinngemäße Zusammenfügung man jede noch so komplizierte Bewegungsform in ähnlicher Weise zusammensetzen kann, wie den Wortschatz einer Sprache aus den einzelnen Buchstaben des Alphabets. Für jedes solches Arbeitselement wird mit Hilfe des Respirationsapparates die günstigste Arbeitsbedingung festgestellt. Das läßt sich dadurch erreichen, daß man unter verschiedenen Bedingungen den Wirkungsgrad ermittelt. Diejenige Arbeitsform ist die günstigste, bei der eine gegebene äußere Arbeit mit dem besten Wirkungsgrad durchgeführt wird. Der Wert dieses Wirkungsgrades wechselt mit der Art der Arbeit. Den höchsten Wirkungsgrad von 33,5 vH finden wir beim Gehen, d. h. von 100 Wärmeeinheiten, die im Körper bei der Verbrennung freiwerden, erscheinen 33,5 in Form von äußerer Arbeit. Den günstigsten Wirkungsgrad, den man an der Kurbel erhalten kann, ermittelten wir zu 20 vH. Die entsprechenden Werte sind für das Heben von Gewichten 8,4 vH, für das Feilen 9,4 vH, für das Ziehen von Wagen 30 vH, für das Arbeiten am senkrecht stehenden Hebel 14 vH. Diese Werte sind die günstigsten, die bei den einzelnen Betätigungsarten gefunden werden konnten. Wählt man etwa bei der Kurbelarbeit eine etwas höhere Achsenhöhe, oder eine stärkere Belastung, als sie unserer Optimalbedingung entspricht, so verschlechtert sich der Wirkungsgrad von 20 auf 7 vH. Es gelingt also durch relativ geringe Änderung in der Arbeitsanordnung, die Ökonomie fast aufs dreifache zu erhöhen.

Wenn wir den heutigen Stand der Ermüdungsforschung überblicken, so sehen wir den größten Teil dieses Gebietes noch in undurchdringliches Dunkel gehüllt; nur hier und dort blitzen einige Lichtpunkte auf, von denen wir Klärung erhoffen. Gewaltige Arbeit ist noch zu leisten. Aber andererseits sahen wir doch, daß die Forschung schon manches geleistet hat, was schon heute praktisch nutzbar gemacht werden kann.

# Methodische Bemerkungen zur Ermüdungsfrage.

Von Privatdozent Dr. med. GUNTHER LEHMANN

Assistent am Kaiser-Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie, Berlin.

Mit 19 Textabbildungen.

Die Arbeitswissenschaft entlehnt ihre experimentellen Methoden der Psychologie, der Physiologie und Hygiene. Sie ist aber gezwungen, diese Methoden sehr oft unter wesentlich anderen Bedingungen und Voraussetzungen anzuwenden, als es die genannten Wissenschaften tun. Alle Methoden der experimentellen Psychologie und der Physiologie sind primär Methoden des Laboratoriums. Ihre Sicherheit und Zuverlässigkeit ist oft abhängig von Bedingungen, für deren Einhaltung man nur in einem gut eingerichteten Laboratorium garantieren kann. Die Frage der praktischen Ausführbarkeit und Zuverlässigkeit der Methoden im Fabriksaal ist daher ein Punkt, der für die Arbeitswissenschaft ebenso wichtig ist, wie die objektive Richtigkeit der Methoden als solcher. Die Zuverlässigkeit einer Methode im Laboratorium beweist für ihre praktische Anwendbarkeit im Getriebe des Fabriksaals nahezu nichts. Jedes Experiment an einem Arbeiter in einem Fabriksaal, d. h. in Gegenwart der Arbeitskollegen, ist aus psychologischen Gründen, auf die ich hier nicht näher einzugehen brauche, mit so großen Fehlern behaftet, daß von allen Methoden, welche der Psychologie und Physiologie zum fortlaufenden Studium der Einflüsse der Arbeit auf den Menschen zur Verfügung stehen, kaum eine übrigbleiben dürfte, deren Wert durch diese Fehler nicht ganz wesentlich herabgesetzt würde.

Die Vornahme derartiger Untersuchungen, speziell also von Ermüdungsuntersuchungen außerhalb des Fabriksaales, hat andererseits wieder das Bedenkliche, daß mit der Milieuänderung auch die Einflüsse der Arbeit auf den Menschen andere geworden sind. Wir können dann zwar methodisch einwandfreier arbeiten, studieren aber Verhältnisse, die von denen im Fabrikbetrieb mehr oder weniger abweichen.

Das Ziel methodologischer Arbeit muß es daher sein, die Methoden zum mindesten so einfach und so sicher zu gestalten, daß sie, wenn auch nicht im Fabriksaal, so doch in einer Probewerkstatt vorgenommen werden können, die in bezug auf technische Einrichtungen dem Fabriksaal nach Möglichkeit gleicht, die es aber ermög-

licht, einen einzelnen Arbeiter oder wenige geschickt Ausgewählte zu untersuchen, ohne daß die Sicherheit des Experiments durch die Anwesenheit der Arbeitskollegen in Frage gestellt wird. Um das natürliche Mißtrauen des Arbeiters gegen jede Art von Experimenten zu überwinden, ist neben der geschickten Auswahl der Versuchsperson die Aufklärung über den Zweck des Versuchs notwendig. Diese Aufklärung muß so weit gehen, daß der Arbeiter mit Sicherheit nicht dem Experiment entgegenarbeitet. Sie darf aber andererseits meist nicht vollständig sein, denn wir dürfen von einem Arbeiter niemals das auch unter gebildeten Versuchspersonen seltene Maß von Objektivität verlangen, das notwendig ist, um der Versuchung einer Beeinflussung der Resultate, mag diese auch halb unbewußt geschehen, zu widerstehen. Es ist also zum Beispiel notwendig, den Arbeiter darüber aufzuklären, daß man Ermüdungsuntersuchungen vornimmt und welchen Zweck diese verfolgen. Es wäre aber falsch, ihm zu sagen, worin man das Kriterium für das Vorhandensein von Ermüdung erblickt.

Die Methoden, auf die ich im Laufe meines Vortrages weiter eingehen werde, sind auf dieses Milieu der Versuchswerkstatt zugeschnitten, d. h. sie sind technisch so weit durchgebildet, daß ihre Anwendung auch außerhalb des physiologischen Laboratoriums in der Hand eines Mannes, der nicht über eine spezielle physiologische Vorbildung verfügt, möglich erscheint.

Herr Prof. Atzler hat in der vorangegangenen Arbeit auf die Wichtigkeit der Gaswechseluntersuchung zur Messung des Energieverbrauchs hingewiesen und hat Beispiele von Arbeitselementen demonstriert, die mit diesen Methoden rationalisiert worden sind.

Grundlegendes Material über derartige Arbeitselemente ist in arbeitswissenschaftlichen Laboratorien, vor allem im Kaiser-Wilhelm-Institut für Arbeitsphysiologie in Berlin, gesammelt worden. Dieses Material steht jedem Betriebswissenschaftler fertig zur Verfügung. Naturgemäß können aber auf diesem Wege nur Untersuchungen von allgemeinem Interesse vorgenommen werden. Das Material soll gewissermaßen die Grundlage bilden, kann aber nicht alle speziellen Bedürfnisse der einzelnen Industrien voll befriedigen. Hier ist also der Punkt, wo die Probewerkstatt einzusetzen hat.

Auf Grund langjähriger Erfahrung haben sich aus der Fülle der Methoden zur Messung des Gaswechsels zwei herausgebildet, die für Zwecke der Arbeitsuntersuchungen als besonders geeignet zu empfehlen sind. Beide Methoden bestimmen den Kalorienverbrauch des Körpers mit der gleichen Sicherheit, wie der Techniker aus der Rauchgasanalyse die in der Feuerung freiwerdende Energiemenge berechnet. Der Fehler ist nicht größer als 2—5 vH.

Die Nahrungsstoffe Fett, Eiweiß und Kohlehydrate werden unter Zutritt von Sauerstoff verbrannt; dabei entstehen Harnstoff, Wasser und Kohlensäure, während eine ganz bestimmte

Energiemenge frei wird, die teils in Form von Wärmeenergie, teils in Form von Bewegungsenergie auftritt. Zur Messung dieser Energiemenge genügt die Bestimmung des eingeatmeten Sauerstoffes und der ausgeatmeten Kohlensäure, da aus dem Mengenverhältnis dieser

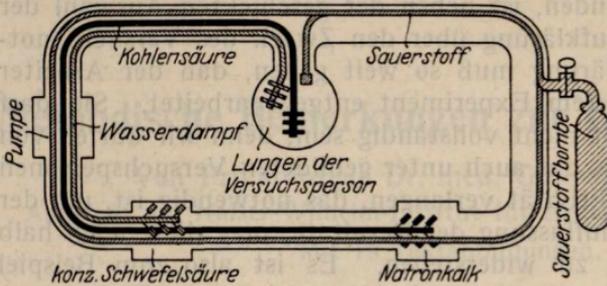


Abb. 1.

beiden Gase die Natur der verbrannten Stoffe zu ersehen ist.

Abb. 1 zeigt Ihnen ein Schema des Benedictschen Respirationsapparates. Die durch den Kreis ange deutete Lunge der Versuchsperson gibt Wasser und

Kohlensäure ab. Die ausgeatmete Luft gelangt in einen Kreislauf, der durch eine Pumpe in Bewegung gehalten wird. Das

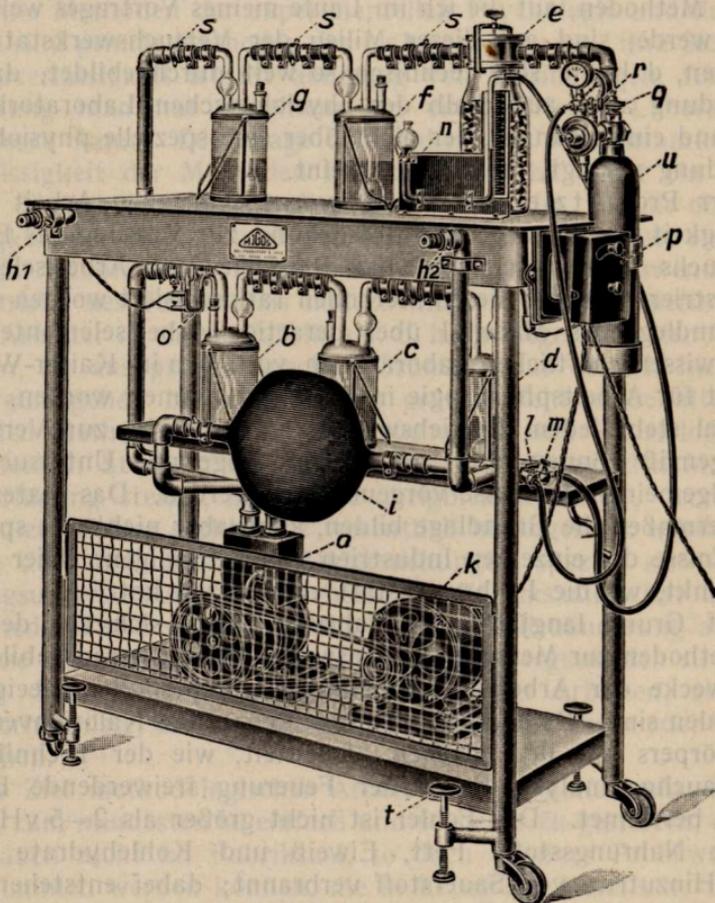


Abb. 2.

Wasser der Ausatemluft wird in konzentrierter Schwefelsäure aufgefangen, die Kohlensäure in einer Flasche mit Natronkalk. Der von der Lunge der Versuchsperson aufgenommene Sauerstoff wird aus einer kleinen Sauerstoffbombe fortlaufend ergänzt.

Abb. 2 zeigt ein Bild des Benedict'schen Respirationsapparates. Ganz unten in dem Apparat stehen Motor und Pumpe, darüber die Schwefelsäureflaschen zur Aufnahme des Wasserdampfes, ganz oben links die Flasche mit Natronkalk, deren Gewichtszunahme die Messung der Kohlensäure gestattet. Die Gewichtsabnahme der Sauerstoffbombe oder eine zwischen Bombe und Apparat eingeschaltete Gasuhr gestattet die Bestimmung der aufgenommenen Sauerstoffmenge. Die im Bilde nach rechts verlaufenden Schläuche führen zur Versuchsperson (Abb. 3), welche ein Bruststück trägt und bei verschlossener Nase durch ein Mundstück atmet.

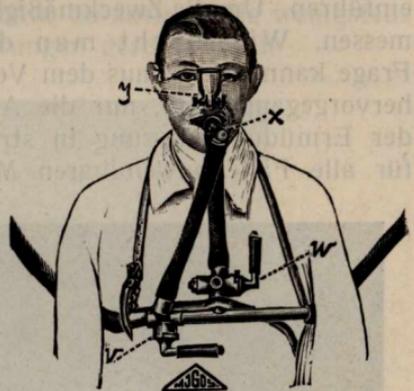


Abb. 3.

Der Vorteil der Benedict-Apparatur liegt in der Einfachheit der Ausführung der Messungen und der Einfachheit der Berechnungen. Der Nachteil darin, daß die Beweglichkeit der Versuchsperson ziemlich beschränkt ist. Der Apparat eignet sich demnach vorzüglich für Arbeiten, bei denen der Arbeiter streng an den Ort gebunden ist, vor allem für sitzend auszuführende Arbeiten. Für alle anderen Zwecke ziehen wir die Methode nach Douglas-Haldane vor. Das Prinzip dieser Methode besteht darin, die ausgeatmete Luft in einem leichten Sack, den die Versuchsperson auf dem Rücken trägt, zu sammeln, ihre Menge zu bestimmen, indem man sie durch eine Gasuhr treibt, um in einer Probe eine Analyse vorzunehmen.

In Abb. 4 sieht man eine Versuchsperson, welche den Sack auf dem Rücken trägt. Die Behinderung der Arbeit durch diese Armierung ist in Wirklichkeit geringer, als es auf dem Bilde den Anschein hat, da der Luftsack, wie auch alle anderen Teile, von sehr geringem Gewicht ist.

Auf diesem Bild ist zugleich ersichtlich, in welcher Weise man für Laboratoriumsversuche gezwungen ist, die Arbeitsvorgänge umzugestalten, damit sie einer systematischen Untersuchung zugänglich sind. Sie sehen, daß die Versuchsperson einen Ball schaufelt. Dieser Ball wird mit Schrot oder Sand gefüllt, so daß er im Gewicht beliebig variiert werden kann. Würde man, den wirklichen Verhältnissen entsprechend, etwa Sand schaufeln lassen, so würde die mit den einzelnen Schaufelbewegungen geförderte Menge so großen Schwankungen unterworfen sein, daß eine exakte Bestimmung der optimalen Schaufellast nicht mehr möglich wäre.

Abb. 5 zeigt Ihnen die Vornahme einer Luftanalyse mit dem Haldane-Apparat.

Dem Praktiker liegen die Methoden, um zu Arbeitsbedingungen zu gelangen, welche die Ermüdung hinausschieben, zunächst meist ferner. Die Fragen, die von Betriebsleitern immer wieder gestellt werden, lauten meist: „Ich möchte in meinem Betriebe Neuerungen einführen. Um die Zweckmäßigkeit zu prüfen, muß ich die Ermüdung messen. Wie macht man das?“. Auf diese allgemein gestellte Frage kann es, wie aus dem Vortrag von Herrn Prof. Atzler schon hervorgegangen ist, nur die Antwort geben, daß eine Möglichkeit der Ermüdungsmessung in strengem Sinne des Wortes mit einer für alle Fälle anwendbaren Methodik nicht besteht und bei der



Abb. 4.

Komplexität des Zustandes, den wir leichthin als Ermüdung bezeichnen, wohl auch nie bestehen wird.

Damit kommen wir aber nicht darüber hinweg, daß in der Praxis eine derartige einfache, allgemein anwendbare Methode zur Messung der Ermüdung, wenn sie vorhanden wäre, außerordentlich Wertvolles leisten würde. Das ganze Problem der Pausenordnung und der Arbeitszeit würde dann endlich unter quantitativer Berücksichtigung des Ermüdungsfaktors auf eine objektiv richtige, wissenschaftliche Basis gestellt werden können. Der Apparat, den die Betriebswissenschaft hierzu braucht, müßte so einfach sein, daß man ihn in jedem Fabriksaal anwenden kann. Er müßte gestatten, auf einer Skala den jeweils vorhandenen Grad der Ermüdung

abzulesen. Aber noch mehr: Die Skala müßte einen „roten Strich“ haben, der anzeigt, wie weit die Ermüdung getrieben werden darf, ohne daß bis zum nächsten Morgen ein Ermüdungsrest zurückbleibt.

Leider ist dieser Apparat, der so, wie ich ihn eben schilderte, allen Anforderungen, die der Praktiker an ihn stellt, gerecht wird, eine Utopie und wird es immer bleiben. Für den Physiologen aber besteht die Aufgabe, nach einer Methode zu suchen, die wenigstens einem Teil der gestellten Anforderungen gerecht wird.

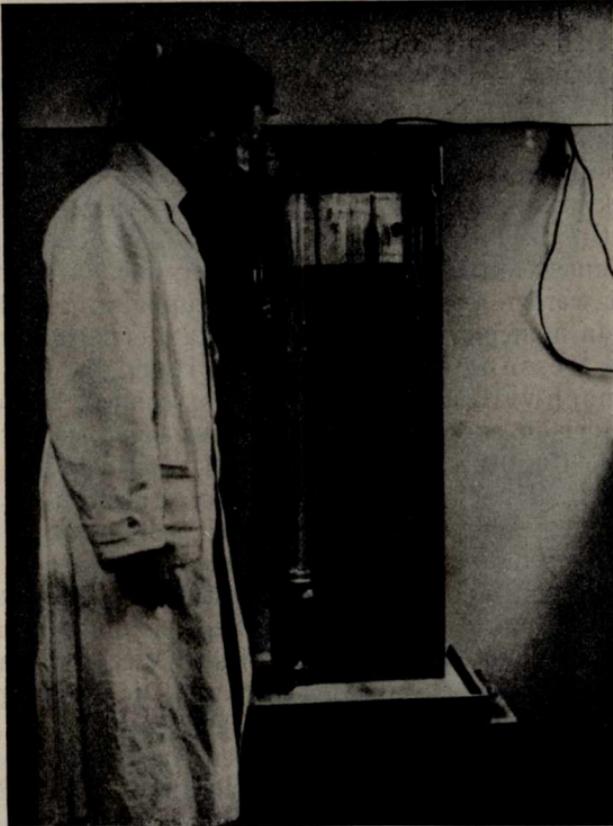


Abb. 5.

Man mag über die einzelnen Methoden, die zu diesem Zwecke vorgeschlagen sind, denken wie man will, eines fehlt ihnen heute noch allen, trotzdem es vielleicht das Wichtigste wäre, das ist der „rote Strich“ jenes utopischen Apparates, d. h. die exakte Angabe der Grenze zwischen schädlicher und unschädlicher Ermüdung. Hier sind wir vorläufig noch ganz auf die praktische Erfahrung angewiesen. Ja, bei der ungeheueren Variabilität der Ermüdbarkeit und Erholungsfähigkeit wird die Festlegung einer oberen Grenze der zulässigen Arbeitbelastung überhaupt immer nur mit statistischen

Methoden und nicht auf Grund einzelner Experimente erfolgen können.

Unter den Methoden, mit denen man eine Ermüdungsmessung vornehmen zu können glaubte, spielen die Verfahren eine besondere Rolle, die ich unter der Bezeichnung „Testmethoden“ zusammenfassen möchte. Man verlangt bei allen diesen Methoden vom Körper vor und nach der Arbeit irgendeine Leistung und stellt fest, mit welcher Geschwindigkeit, Genauigkeit, Kraft oder Ausdauer die Testleistung ausgeführt werden kann. Die Leistungsabnahme nach der Arbeit wertet man als Ermüdungszeichen. Es liegt auf der Hand, daß man bei all diesen Methoden vom Körper nicht genau die gleiche Leistung verlangen wird, welche er während der Arbeit selbst auszuführen hat. Da nun aber bei jeder Art von Arbeit die Ermüdung ganz bestimmter Organe — entweder bestimmter Muskelgruppen oder bestimmter anderer Organe — durchaus im Vordergrund steht, und da praktisch immer nur die Ermüdung des jeweils am stärksten ermüdeten Organs eine Rolle spielt, so ist es klar, daß alle derartigen Methoden immer nur in bestimmten Fällen, aber niemals allgemein angewendet werden können. In diese Gruppe von Methoden, mit denen man in manchen Fällen gute Resultate erzielen kann, möchte ich z. B. die Messung der Reaktionszeit und die Bestimmung der Raumschwelle des Tastsinnes rechnen, obwohl gerade diese Methoden in anderen Fällen völlig versagen, ja geradezu entgegengesetzte Resultate liefern können. Das gleiche gilt wohl auch von der Kraepelinschen und anderen psychischen Testmethoden. Die Ergographie und Dynamometrie sollten als Methoden zur Messung der Ermüdung ganz verschwinden.

Wegen der Unzulänglichkeit der Testmethoden versuchte man den Zustand des Körpers nach einer Arbeitsleistung mit einer objektiven Methode zu untersuchen. Auf diesem Wege ist man aber bis heute noch viel weniger weiter gekommen. Die Messung des Blutdruckes und der Pulsfrequenz hat gänzlich versagt.

Drittens hat man die Möglichkeit, den Ausdruck der Ermüdung in der Arbeit selbst zu suchen. Das einfachste wäre eine Beurteilung der Qualität und Quantität des Arbeitsproduktes. Jede Tages- oder Wochenproduktionskurve zeigt aber, daß man auf diese Weise alles andere erhält als eine Kurve der Ermüdung. Man muß also mit feineren Methoden an das Studium des Arbeitsvorganges herangehen. Zu diesem Zweck ist die Bewegungsstudie bereits von Taylor und seither von manchen anderen Autoren empfohlen worden, ohne daß aber in dieser Richtung bis in die neueste Zeit hinein positiv gearbeitet worden wäre. Wir besitzen heute in dem Kinetographen und in der Zeitlupe ein hervorragendes Hilfsmittel zur Ausführung von Bewegungsstudien. Bereits das einfache Betrachten eines Films liefert uns, da es mit größerer Ruhe und beliebig häufigen Wiederholungen geschehen kann, oft die Möglichkeit, typische Er-

müdigungserscheinungen, die sich im Bewegungsablauf ausdrücken, zu erkennen. Um diese Methode zu objektivieren, ist es zweckmäßig, wie

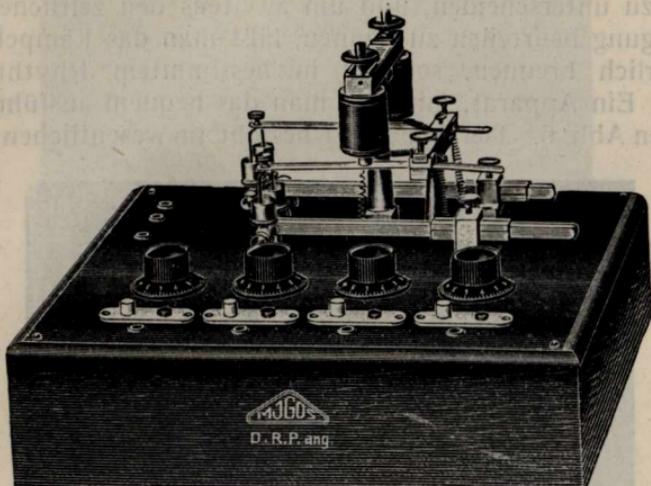


Abb. 6.

es neuerdings z. B. Ascher getan hat, die einzelnen Filmbildchen der Reihe nach langsam zu projizieren und sich die Lage bestimmter Körperpunkte, die man durch eine auf dem Körper angebrachte Marke hervorheben kann, auf der Projektionsfläche zu markieren. Verbindet man dann alle zusammengehörigen Punkte, so erhält man ein Kurvenbild der Arbeitsbewegung des betreffenden Körperpunktes. Dieses Verfahren ist recht zeitraubend und nicht billig. Es ist daher zweckmäßiger, diese Kurve, die man hier erst mühsam konstruieren muß, direkt mit den Mitteln der Chronozyklographie zu gewinnen. Das Prinzip des Chronozyklographen besteht bekanntlich darin, daß man an bestimmten Körperstellen kleine Lämpchen anbringt und den Arbeitsvorgang auf einer gewöhnlichen photographischen Platte photographiert. Jedes Lämpchen schreibt

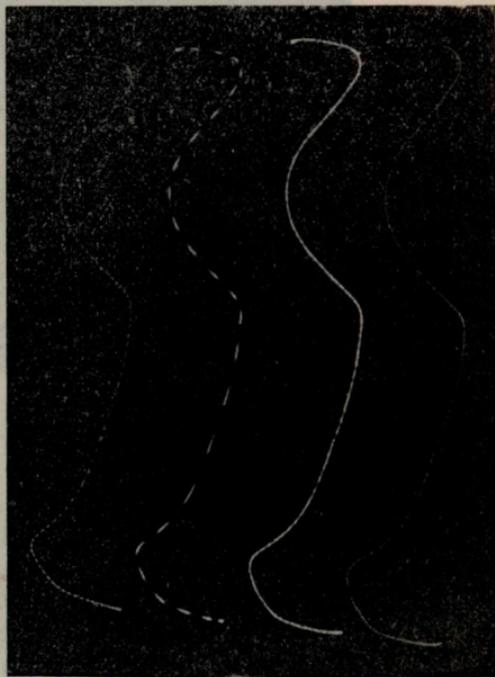


Abb. 7.



dann auf der Platte unmittelbar eine Bewegungskurve des betreffenden Körperpunktes. Um einmal mehrere Kurven voneinander zu unterscheiden, und um zweitens den zeitlichen Ablauf der Bewegung beurteilen zu können, läßt man das Lämpchen nicht kontinuierlich brennen, sondern in bestimmtem Rhythmus aufleuchten. Ein Apparat, mit dem man das bequem ausführen kann, zeigt Ihnen Abb. 6. Der Apparat<sup>1)</sup> besteht im wesentlichen aus zwei

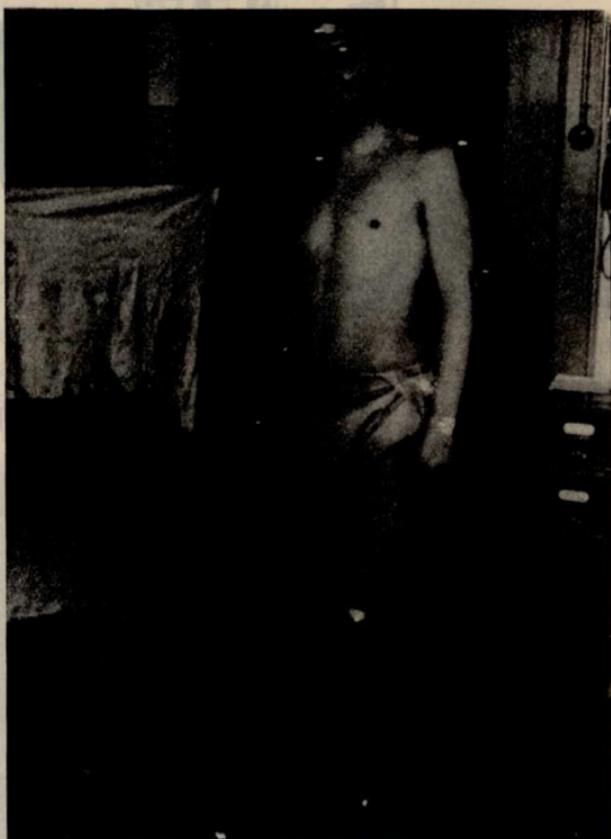


Abb. 8.

Federunterbrechern, von denen der eine 5—25, der andere 20—80 Unterbrechungen in der Sekunde liefert. Vor den Unterbrechern liegen Drehwiderstände zur Regulierung der Lichtstärke in den einzelnen Stromkreisen. Von den Klemmen sind vier verschiedene Stromkreise abzuleiten. Von der + Klemme am weitesten links wird ein schnell unterbrochener Strom abgeleitet, dessen Stärke durch den ersten Widerstand reguliert wird. Entsprechend liefert die zweite Klemme einen langsam unterbrochenen Strom, während man von der dritten Klemme einen Strom ableiten kann, bei welchem langsamer und schneller Rhythmus überlagert sind. Der dritte

<sup>1)</sup> Fa. M. J. Goldberg & Söhne G. m. b. H., Berlin W. 9, Potsdamer Str. 7.



Abb. 9.



Abb. 10.

2\*

Drehwiderstand gestattet die Leuchtstärke des langsamen Rhythmus im Vergleich zum schnellen zu regulieren. Die vierte Klemme liefert einen konstanten Strom. Die — Klemme ist für alle Stromkreise die gleiche. Betrieben wird der Apparat je nach der Zahl der Lämpchen von 2—4 Akkumulatoren. Man kann also mit dem Apparat, der nur zwei Federunterbrecher trägt, vier verschiedene Stromkreise erzeugen, die bei einer einfachen Bewegung auf der photographischen Platte Kurven liefern, wie sie in Abb. 7 dargestellt sind. Die unterbrochenen Kurven dienen nicht nur dazu, die verschiedenen Kurven

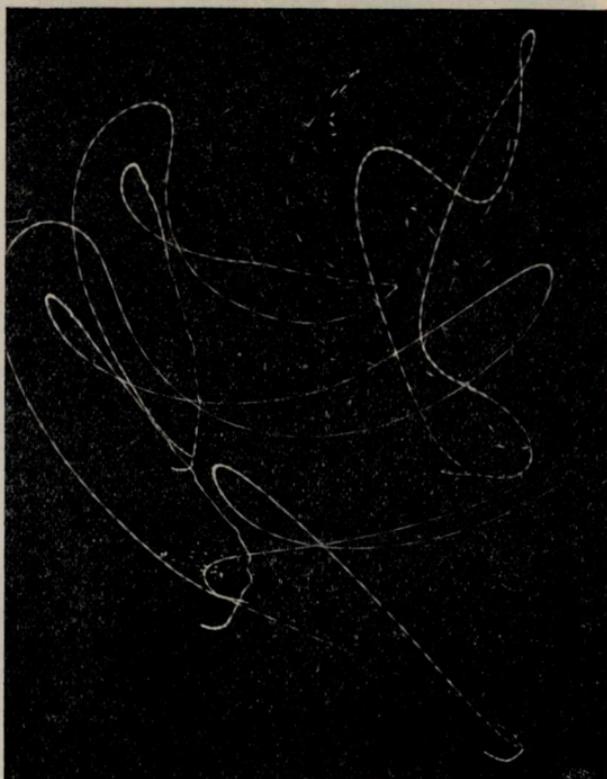


Abb. 11.

leichter unterscheiden zu können, sondern bieten zugleich die Möglichkeit einer zeitlichen Auswertung der Bewegung.

Abb. 8 zeigt eine mit den Lämpchen armierte Versuchsperson. Die Lämpchen sind kleinste, nur etwa 5 mm lange Platinfadenbirnen, die zweckmäßig mit einem Heftpflasterstreifen an jeder beliebigen Körperstelle befestigt werden können. Die Zuführung der Drähte erfolgt vom Rücken aus, so daß die Bewegungen der Versuchsperson in keiner Weise dadurch behindert werden.

Als ein einfaches Beispiel derartiger Aufnahmen zeige ich Ihnen zwei Bilder von Näherinnen, zunächst das Bild einer geübten (Abb. 9), dann das Bild einer ungeübten Näherin (Abb. 10).

Diese Aufnahmen sind im Hellen gemacht, so daß wenig bewegte Körperteile der arbeitenden Versuchsperson auf dem Bilde deutlich zu erkennen sind. Handelt es sich um die Aufnahme komplizierterer Arbeitsbewegungen mit größeren Bewegungen des ganzen Körpers, so nimmt man die Aufnahme zweckmäßig im Halbdunkel auf, so daß man auf der Platte nur die Kurven erhält.

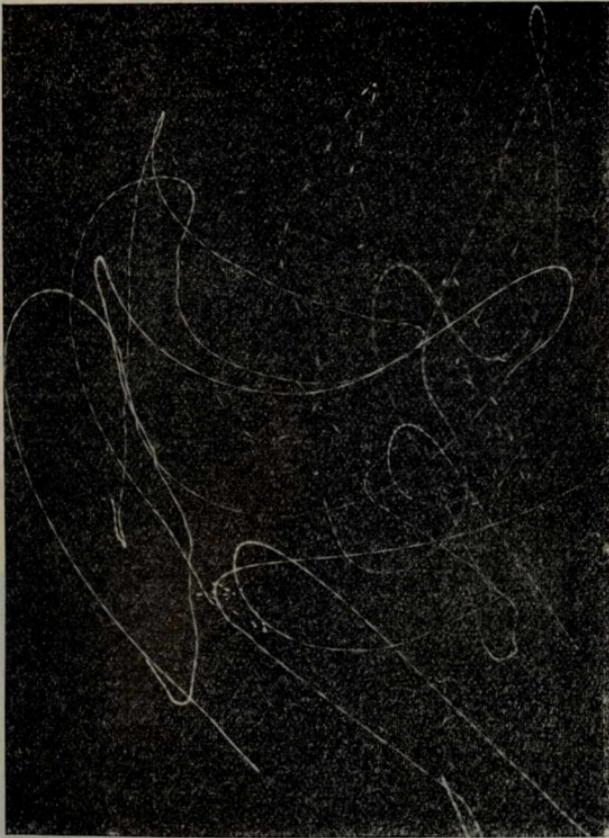


Abb. 12.

Am einfachsten liegen die Dinge bei schwerer körperlicher Arbeit. Die Ermüdung der dynamisch arbeitenden Muskulatur führt hier zu einer Heranziehung von Hilfsmuskeln, damit zu einer typischen Bewegungsänderung, die sich im Kurvenbild ohne weiteres ausdrückt. Es ist von vornherein nicht immer klar, an welchen Körperpunkten typische Unterschiede der Bewegungen auftreten werden. Es empfiehlt sich daher, zunächst orientierende Aufnahmen mit zahlreichen Lämpchen vorzunehmen.

Abb. 11 zeigt Ihnen eine derartige Aufnahme. Das Bild erscheint zunächst verwirrend. Es handelt sich hier um eine Aufnahme beim Schaufeln. In der unteren Hälfte liegen die wenig bewegten Knie.

Die weit ausladende Kurve in der rechten unteren Hälfte des Bildes ist die Kurve der linken Hand, die unmittelbar über dem Schaufelblatt anfaßt. Der Verlauf dieser Kurve zeigt das Einstechen, Zurückziehen, Schwungholen und Aufwärtswerfen der Schaufel. Die Kurve links oberhalb sind Kurven der rechten Hand, des Ellbogens und der Schulter (langsam unterbrochen). Die stark hervortretende Kurve im rechten oberen Teil des Bildes gibt die Bewegung der Stirn wieder.

Abb. 12 zeigt denselben Schaufler, nachdem er 10 Minuten im

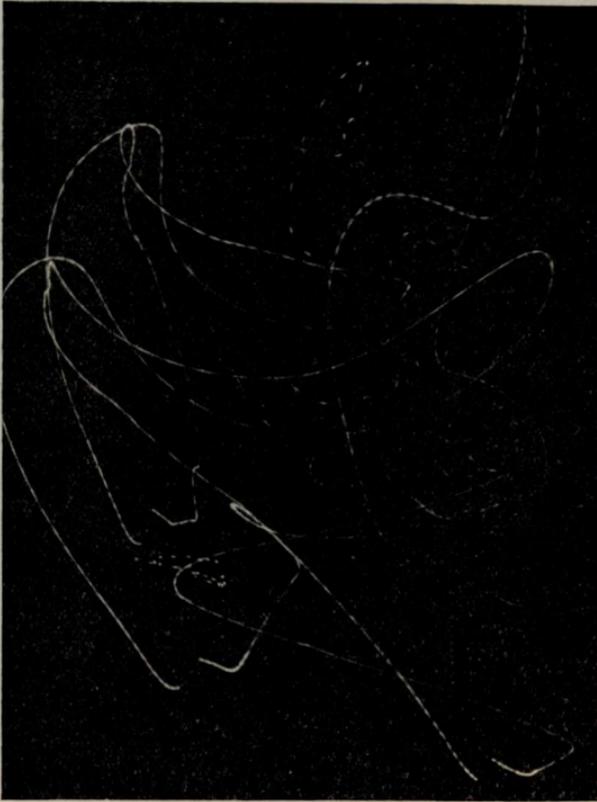


Abb. 13.

schnellen Tempo gearbeitet hat. Unterschiede gegenüber dem Anfangsbilde sind bei allen Kurven zu erkennen.

Abb. 13 ist nach weiteren 5 Minuten Arbeit gewonnen. Die Unterschiede im Vergleich zu den im frischen Zustande gewonnenen Kurven sind hier noch größer geworden.

Die typische Bewegungsänderung drückt sich in diesem Falle am klarsten in der Mitbewegung des Kopfes aus. Gegenüber dem frischen Zustand ist die Kurve des Kopfes um 30 vH höher und um 40 vH breiter geworden. Deutliche Unterschiede finden sich

auch in der Bewegung der linken Hand. Ihre Bewertung als Ermüdungszeichen ist aber weniger empfehlenswert, da Unterschiede durch das Einstechen der Schaufel an verschiedenen Stellen vorgetäuscht werden können.

Das einfachste Kriterium der typischen Bewegungsänderung genügt zwar in den Fällen schwerer körperlicher Arbeit, es versagt aber bei leichterer Arbeit, die nicht zu einer so ausgesprochenen Ermüdung der dynamisch arbeitenden Muskeln führt. Auffallenderweise versagt es um so mehr, je besser der Übungsgrad des untersuchten Arbeiters ist. Ich zeige Ihnen das Bild einer ungeübten Näherin (Abb. 14) in frischem Zustand.

Dieses Bild ist durch Drahtkonstruktion der Bewegungskurve und Einsetzen in eine Gipsfigur gewonnen worden. Nach dreiviertelstündiger Arbeit zeigt die Näherin die auf Abb. 15 sichtbare Kurve und Körperstellung.

Wir sehen eine sehr deutlich ausgesprochene Änderung der Bewegung und

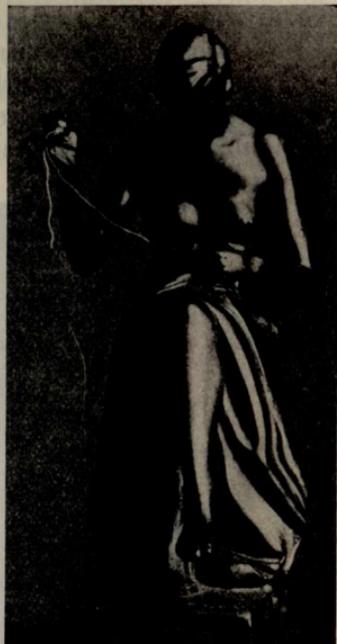


Abb. 14.



Abb. 15.



Abb. 16.

Körperhaltung, die wir einwandfrei als Ermüdungszeichen auffassen dürfen. Mit fortschreitender Übung schiebt sich zunächst der Eintritt der Ermüdung immer mehr hinaus. Schließlich aber erreichen wir einen Punkt, an dem das Ermüdungszeichen der typischen Kurvenänderung überhaupt nicht mehr eintritt.

Trotzdem tritt natürlich nach einer gewissen Zeit Ermüdung ein, aber selbst dann, wenn die Versuchsperson erklärt, nicht weiter zu können, finden wir nicht das Bild, das ich Ihnen eben zeigte,

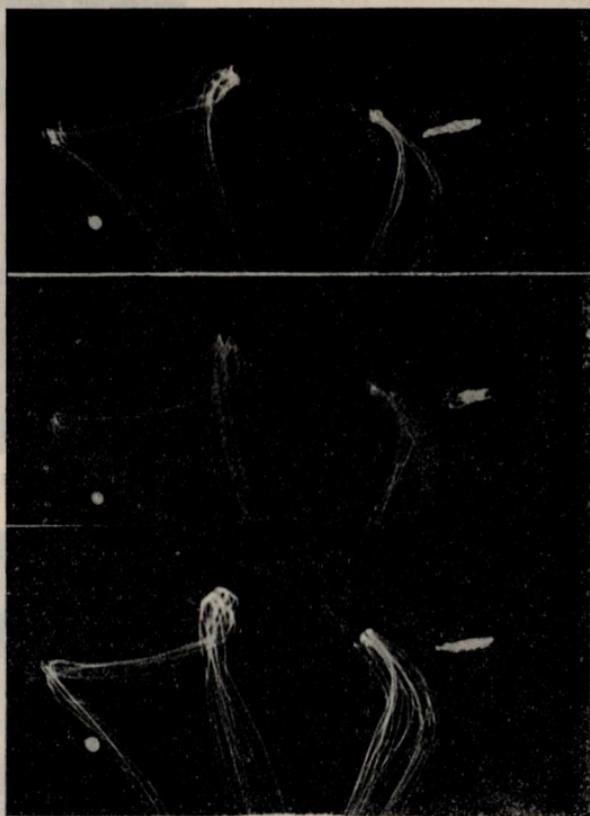


Abb. 17.

sondern das Bild der Abb. 16, an dem Sie keinerlei Zeichen einer Ermüdung erblicken. Dieses Verhalten ist typisch, ich fand es bei anderen Bewegungen in genau der gleichen Weise wieder. Offenbar ist die Erscheinung darauf zurückzuführen, daß durch die Übung die Ermüdung der dynamisch arbeitenden Muskulatur, die wir mit der Bewegungsänderung erfassen, so weit hinausgeschoben wird, daß, bevor sie sich bemerkbar machen kann, andere Formen der Ermüdung bereits zu einem Einstellen der Arbeit gezwungen haben.

Wir müssen demnach nach anderen Ermüdungszeichen fahnden. Ein solches finden wir in der Variabilität der Kurven. Wenn man

bei einem geübten Arbeiter auf eine Platte nicht eine, sondern zehn aufeinanderfolgende Bewegungen aufnimmt, so decken sich die einzelnen Kurven fast vollständig. Mit zunehmender Ermüdung verbreitert sich das Band parallel laufender Linien immer mehr.

Abb. 17 zeigt übereinander drei Kurvenscharen, die bei einer körperlich leichten Arbeit mit zunehmender Ermüdung gewonnen worden sind. Es ist jeweils nur der obere Teil der Bewegungskurve reproduziert. Der rechte Teil entspricht einer Bewegung der linken



Abb. 18.

und der linke der Bewegung der rechten Hand. — Während sich bei der obersten Kurvenschar die Kurven, namentlich die der linken Hand, recht genau decken, werden die Abweichungen mit zunehmender Ermüdung immer größer, so daß z. B. der freie Raum zwischen den auf- und absteigenden Kurvenschenkeln der linken Hand auf der untersten Kurvenschar fast ganz verschwunden ist.

Wir finden also auch hier einige Kurven, die von der „frischen Kurve“ abweichen, dazwischen aber immer wieder Kurven, die dieser vollkommen gleichen. Daher bezeichne ich dieses Kriterium im Gegensatz zu dem Kriterium der typischen Kurvenänderung als das Kriterium der zunehmenden Kurvenvariabili-

tät. Das Kriterium der Kurvenvariabilität ist immer mit größerer Vorsicht zu verwenden als die typische Kurvenänderung, denn hier spielen psychische Einflüsse, welche die Ermüdungserscheinungen überlagern können, eine große Rolle. Erscheinungen, wie der bekannte Schlußantrieb, sprechen sich auch in der Kurvenvariabilität deutlich aus. Diese ist als Ermüdungszeichen nur dann verwertbar, wenn derartige Einflüsse durch die Versuchsbedingungen ausgeschaltet werden können.

Ich erwähnte bereits, daß bei leichter Muskelarbeit stets weniger die dynamisch arbeitenden als vielmehr die statisch arbeitenden

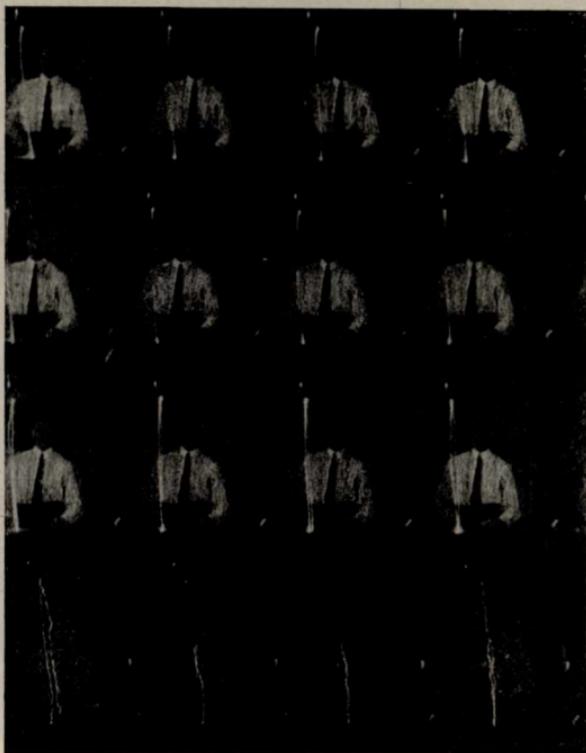


Abb. 19.

Muskeln ermüden. Je mehr eine Arbeit statisch durchgesetzt ist, um so ermüdender ist sie. Je langsamer, von einer bestimmten Grenze ab, die etwa bei einer Kontraktionsdauer des Muskels von  $\frac{1}{2}$  Sekunde liegt, die Bewegung ausgeführt wird, um so größer ist ihre ermüdende Wirkung. Ein Kriterium für die statische Ermüdung finden wir in dem auftretenden Tremor. Die Aufnahme von Kurven rein statisch oder mit sehr langsamer Bewegung arbeitender Körperteile erfolgt zweckmäßig auf einem gleichförmig laufenden Film mit Hilfe eines Kinematographen, dessen Blende und Greifmechanismus entfernt sind. Von oben nach unten fortschreitend sehen wir auf Abb. 18

eine allmählich immer stärker werdende Zitterbewegung der Kurve. Es handelt sich bei dieser Aufnahme um Stücke, die aus einem längeren Film herausgeschnitten sind. Hat man den ganzen Film vor sich, so kann man recht genau den Punkt angeben, an dem deutliche Zitterbewegungen auftreten.

Das Auftreten eines der drei Ermüdungskriterien, typische Kurvenänderung, Kurvenvariabilität und Tremor, schließt das gleichzeitige Auftreten eines anderen nicht aus.

Wir sehen auf Abb. 19 zunächst in der obersten Reihe den frischen Zustand, in der zweiten Reihe Kurvenvariabilität, nichttypische Bewegungsänderung, denn es finden sich auch in der zweiten und dritten Reihe noch Kurven, die den frischen der ersten Reihe gleichen. Als Zeichen stärkster Ermüdung tritt schließlich Tremor auf.

Die zuletzt gezeigte Aufnahme ist mittels eines sog. Minigraphen auf Kinofilm gemacht. Das empfiehlt sich immer dann, wenn man eine große Anzahl von Aufnahmen in rascher Folge machen will. Man kann auf diese Weise leicht jede zweite oder dritte Arbeitsbewegung getrennt fotografieren.

Ich hatte zu Beginn meines Vortrages gesagt: Es gibt keine Methode zur Messung der Ermüdung. Damit ist wohl zum Ausdruck gebracht, daß wir von einer Überwertung der Bewegungsstudie als Mittel der Ermüdungsforschung weit entfernt sind. Wir glauben aber doch, daß der Praktiker im Betrieb, dessen Ideal eines Apparates zur Ermüdungsmessung, wie ich ausführte, sich niemals verwirklichen wird, sich in vielen Fällen mit gutem Erfolg der Bewegungsstudien wird bedienen können, sofern er den erhaltenen Resultaten mit der nötigen Kritik gegenübersteht.

# Arbeit und Ermüdung, Ermüdungsausgleich, Erholung<sup>1)</sup>.

Von Gewerbemedizinalrat Dr. H. BETKE-Wiesbaden.

## I. Arbeit und Ermüdung.

1. Einfacher Ermüdungsvorgang.
2. Das Müdesein.
3. Begriffserklärungen nach Lipmann.
4. Verhütung der Ermüdung durch Raumhygiene.
5. Wissenschaftliche Betriebsführung.
6. Arbeitszeit, Pausen, Nacharbeit. Die Freizeit.
7. Wert der Übung.
8. Die Arbeitsanbrüchigen.

## II. Ermüdungsausgleich und Erholung.

### a) Physiologische Faktoren.

9. Ernährung.
10. Durststillung.
11. Leistungssteigerung durch alkaloidhaltige Mittel.
12. Tabak.
13. Alkohol.
14. Präparate zur Leistungssteigerung.
15. Spannung und Entspannung.
16. Horizontallage.
17. Massage.
18. Bäder. Güsse. Zusätze.
19. Fußpflege.
20. Kleidung.
21. Der Schlaf.

### b) Psychologische Faktoren.

22. Steigerung des Arbeitswillens.
23. Arbeitswille der Jugendlichen und ihre Ferien.
24. Der Urlaub der Frau.
25. Vergeistigung der Arbeit durch Lust und Unlust bei der Arbeit.
26. Menschenwirtschaft und Menschenbehandlung.
27. Der Wille zur Arbeit.

Richtlinien.

## I. Arbeit und Ermüdung.

**1. Einfacher Ermüdungsvorgang.** Der Vorgang der Ermüdung in der Tagesarbeit spielt sich im allgemeinen folgendermaßen ab. Der Ermüdete nimmt sich seine Arbeit vor aus wirtschaftlichem oder seelischem Zwange zu dieser Tätigkeit. Sein Wunsch ist, sich die

<sup>1)</sup> Wegen Raummangels kann der Vortrag nur auszugsweise abgedruckt werden.

Arbeit möglichst bequem zu machen. Er setzt sich deshalb möglichst so, daß er die Arbeit gut ausgebreitet vor sich hat (richtige Lagerung), daß er sie gut übersehen kann (Beleuchtung) und daß er die Arbeitsgeräte zur Hand hat. Seine Haltung nimmt er so ein, daß sie ihm keine Schmerzen macht, daß Muskelspannungen vermieden werden; er disponiert so, daß die leichtere Arbeit der schwereren vorangeht (oder umgekehrt). Die Arbeitsverrichtung wird von allem Störenden möglichst befreit. Staub und Lärm sollen nicht vorhanden sein, auch jede ausführende, überflüssige Handbewegung wird vermieden und das Arbeitsmaterial zurechtgelegt, damit es bei der Hand ist. Haushalt der Muskelkraft wird nach Möglichkeit eingeschränkt. Nach einer gewissen Zeit wird das Bedürfnis zum Ruhen empfunden. Man räkelt sich, die Muskeln werden gestrichen. Massage tritt ein, wo es not tut, und einige tiefe Atemzüge erneuern den Sauerstoff der Lungen. Auch Drogen müssen helfen. Kaffee oder Tee, mitunter auch Schnaps sollen die müden Lebensgeister wieder auffrischen. Das Rauchgift des Nikotins wird zur Hilfe gerufen, wenn nicht gar Kokain oder Kola ein gewisses Doping hervorbringen sollen. Schließlich wird als letztes Mittel der Schlaf gebraucht.

Wir finden in diesem volkstümlichen Bilde alle Mittel aufgezählt, welche den Ermüdungsausgleich schaffen sollen.

**2. Das Müdesein.** Um auf die Ermüdungsbekämpfung näher eingehen zu können, ist es zweckmäßig, auf die Gründe des Müdeseins zurückzuschauen.

Bei der Arbeit tritt allmählich ein Nachlassen in der Leistung ein. Die Aufmerksamkeit vermindert sich, die Bewegungen werden immer langsamer und unschärfer. Man versucht, jede unnötige Bewegung zu ersparen, ja auch die Rücksicht auf Gefahren, welche in der Arbeitsverrichtung liegen, werden ganz außer acht gelassen.

Die Herabsetzung der Leistungsbereitschaft wird nun nach Otto Lipmann von zwei Elementen bewirkt, die dem Wesen nach  
nach den Ursachen ihrer Veränderung  
und nach ihren Wirkungen

zu unterscheiden sind.

**3. Begriffserklärung.** Ermüdung ist die akute und kontinuierliche Verminderung der objektiven Leistungsbereitschaft, Müdigkeit die der subjektiven Leistungsbereitschaft.

Die Ermüdung ist eine Wirkung der Arbeitsdauer, die Müdigkeit eine Wirkung der Arbeitsmonotonie.

Die Ermüdung beginnt bei den arbeitenden Gliedmaßen und dehnt sich von dort auf den gesamten Organismus aus, die Müdigkeit verschwindet, wenn Ersatz der einförmigen Arbeit durch eine andere erfolgt, die dem Arbeiter interessanter erscheint.

Die Ermüdung äußert sich als Verlangsamung der Bewegungen und des Arbeitstempes.

Die Müdigkeit äußert sich in der Abnahme der Aufmerksamkeit, sie gestattet das Abschweifen der Gedanken von der monotonen Arbeit. (Physikalische Methoden der „Weckung“.)

Die Ermüdung kann durch Verkürzung der Arbeitszeit, Arbeitsunterbrechungen und Schaffung von Sitzgelegenheiten vermindert werden.

Zu beachten ist, daß die Ermüdung sich zur Übermüdung steigern kann. In diesem Falle ist der Ermüdungsausgleich schwieriger, weil eine Ausnutzung der Leistungsfähigkeit bis zur Erschöpfung der Kräfte vorausgegangen ist. In derartigen Fällen lassen sich die Ermüdungsreste nicht bis zum Beginn der neuen Arbeitsperiode beseitigen, sondern sie werden in diese mit hinüberschleppt, wo sie die Leistungsfähigkeit von Anfang an beeinträchtigen und die Produktion nicht auf das Maß des sonst Üblichen steigen lassen.

**4. Verhütung der Ermüdung durch Raumhygiene.** Die Ermüdungsbekämpfung von seiten des Arbeitgebers knüpft sich an Vorbedingungen, die teils den Gesetzen der Betriebsorganisation durch den Unternehmer selbst unterliegen und die von seinem eigenen Ermessen abhängen, teils durch die Verordnungen über Raumhygiene vorgeschrieben sind. Vgl. Betke Hygiene der Arbeit, Leipzig 1926 u. Betke Gewerbehygiene, Göschen-Bd. 350.

**5. Wissenschaftliche Betriebsführung.** Vor allem sind die Grundsätze der wissenschaftlichen Betriebsführung zu beachten, wie sie von Taylor, Gilbreth, Ford und von Friedrich dargestellt worden sind. Die Berufseignung und Berufsberatung müssen besonders beachtet werden.

In meinen Arbeiten im Zentralblatt für Gewerbe, Hygiene und Unfallverhütung 1924 Nr. 11, 1925 Nr. 12, 1926 Nr. 1, habe ich diese Grundsätze genau dargelegt, so daß sie hier nur kurz gestreift werden können.

**6. Arbeitszeit, Pausen, Nacharbeit, Freizeit.** Auch die Besprechung des optimalen Arbeitstages, wie ihn Otto Lipmann fordert, kann hier nur andeutungsweise erfolgen. Wenn ein Optimalarbeitstag gefordert wird, dann muß auch berücksichtigt werden, daß der Ermüdungszustand in allen seinen Faktoren betrachtet wird. Die durch Verkürzung des Arbeitstages auf 8 Stunden verkürzte Zeit darf nicht dazu führen, daß sie als eine geringere Leistung ohne weiteres angesehen werden darf. Es ist nicht beabsichtigt gewesen, daß der Achtstundenarbeitstag nun auch in demselben Tempo wie der Zehnstundenarbeitstag durchgeführt wird. Die Leistung muß vielmehr sich zusammensetzen in dem erhöhten Arbeitswillen, in diesem Zeitraum auch wirklich etwas zu schaffen. Konzentrierte Arbeit muß gefordert werden können, die durch ihre Qualität nunmehr das ersetzt, was früher in der längeren Zeit gestreckt wurde, um nicht zu sagen verbummelt wurde, um die auf-

kommende Ermüdung zu vermeiden. Lipmann sagt, daß zu den psychologischen Faktoren hierbei hauptsächlich die Arbeitslust beitrage. Ich nenne das Pflichtbewußtsein zur Arbeitsfreude. Ernährungszustand (Lohnverhältnisse) und die Benutzung der Freizeit sind wesentliche Faktoren, die die Arbeit physiologisch beeinflussen. Der ökonomische Normaloptimalarbeitstag läßt sich nur erreichen durch die Zufriedenheit des Arbeiters. Kulturelle Gesichtspunkte sprechen hier bedeutsam mit, aber sie müssen durch Belehrung und Entgegenkommen von beiden Seiten erreicht werden.

Über die Arbeitspausen ist schon viel gesagt und geschrieben worden. Jedenfalls ist eine schematische Beurteilung kaum möglich, weil jeder Betrieb und jeder Beruf andere Pausen verlangt, die sich nach dem Herstellungsgange richten. Jedenfalls sollen die pausenlosen Achtstundentage aufhören, weil sie schließlich zum Leerlauf (Gerbis: Soz. Pr. 1923 Nr. 49 und Thiele: Ber. d. Sächs. Gew. A. 1921) führen. Kleine Pausen zwischen den Arbeitsabschnitten, eine große Pause nach Arbeitsschluß und schließlich das Wochenende, das nach dem Wunsche vieler Interessenten auch schon auf den Vormittag des Samstages verlegt werden sollte. Die Ausfüllung der Pausen muß den nötigen Kraftvorrat bringen, um zur kommenden Arbeit den Körper wieder frisch haben zu können. Besonders die Mittagspause soll so lange dauern, daß ein langsames Kauen die Speise zur Verdauung vorbereiten kann und auf die Mahlzeit noch genügend Zeit zur Verdauung gewährt wird. Liegen nach der Mahlzeit und Hochlagerung der Beine ist ein vorzügliches Mittel, um die Regeneration der Kräfte im vollsten Sinne zu bewirken.

Die Frage der Arbeitszeit von 8 Stunden Dauer ist schon in der Sozialpolitik seit langem behandelt worden. Wirtschaftlich ist es noch nicht einheitlich begründet, daß die achtstündige Arbeit allein als die richtige anzusehen ist. Das Problem der optimalen Arbeitszeit hängt vielmehr ab von der zweckmäßigen Verteilung der Arbeit und den dazwischenliegenden Pausen. Für die Durchschnittsarbeit kann wohl dann bei genügender Pausenlänge die Achtstundenarbeit am zweckmäßigsten sein. Aber jedes feste Schema ist falsch, denn es ist nicht abzuleugnen, daß es Berufe gibt, bei denen eine kürzere oder längere Zeit der Arbeit als gegebenes Mittelmaß anzusehen ist. Bei einer zu langen Arbeitszeit besteht die Gefahr der Übermüdung. Dies ist auch die unangenehme Folge jeder Überarbeit. Auch wenn diese freiwillig geleistet wird, so besteht doch häufig eine deutliche Überreizung der Nerven. Diese Unlustgefühle sind von recht langer Dauer und fast stets mit unangenehmen Folgen für den Körper verbunden. Appetitlosigkeit, Kopfschmerzen und starkes Gefühl der Abgeschlagenheit sind die äußeren Zeichen dieser Beschwerden. Ähnliche Verhältnisse bestehen auch bei der Sonn-

tagsarbeit. Wenn auch die Aussicht auf einen folgenden Ruhetag vorhanden ist, so sind die Unlustgefühle, während die anderen feiern, so stark, daß der Sonntagsarbeiter schwer über diesen Zustand hinwegkommt. Auch bei der Nachtarbeit ist der folgende Tagschlaf kein vollwertiger Ersatz, weil die Schlaftiefe nicht die des Nachtschlafes erreicht, häufig Störungen durch das Getriebe des Tages erfolgen und die Einstellung auf die Tischzeiten der Umgebung empfindliche Verdauungsbeschwerden eintreten läßt. Bei Krankenschwestern sind auch Abweichungen in der Temperaturkurve beobachtet worden, und es ließen sich auch Verluste an Körpergewicht nachweisen.

In den Betrieben, wo die Nachtarbeit unumgänglich notwendig ist, muß für Tagschlaf Räume gesorgt werden; die gegen Licht, Lärm und Sommerhitze gut geschützt sind. Leider wird in Krankenanstalten, Eisenbahn- und Feuerwehrgebäuden immer noch gegen diese Maßregel gefehlt. Auch läßt die kameradschaftliche Rücksichtnahme der Kollegen häufig sehr viel zu wünschen übrig.

Die Einschaltung der Pausen in den Arbeitsgang selbst sollte mehr von dem Arbeiter selbst berücksichtigt werden. Es ist falsch, wegen der Zugverbindung, die einzelne noch erreichen wollen, die Pause allgemein auf den Arbeitsschluß zu verlegen. Um die Mittagszeit zeigt die Leistungsfähigkeit starke Abnahme, so daß hier der richtige Zeitpunkt der zweckentsprechenden Eßpause ist. Die Ruhepause soll mindestens eine Stunde betragen. Bei größeren Entfernungen zwischen Arbeitsstelle und Wohnung sind die Mittagspausen entsprechend zu verlängern. Für Arbeiter, die sich für das Essen gründlich von Staub und giftigen Materialien ihrer Umgebung reinigen müssen, soll auch diese Säuberungszeit in die Pause mitberechnet werden. Nebenpausen entstehen bei manchen Arbeitsvorgängen von selbst. Wo derartige Arbeitsbedingungen nicht bestehen, ist für die Gesundheit eine Einschaltung von je 10 Minuten Ruhe vormittags und nachmittags sehr angebracht. Die in der Neuzeit eingebürgerte Gewohnheit, die Arbeitspausen möglichst zu verkürzen oder gar wegfällen zu lassen, widerspricht der Arbeitshygiene und bedeutet Raubbau an der Arbeitskraft.

Über den Urlaub ist in den Tarifverträgen jetzt viel die Rede. Sein Nutzen ist unbestreitbar, denn während dieser Zeit soll der Mensch die Not der Zeit vergessen, seine Gedanken von dem täglichen Broterwerb loslösen und völlig seiner Erholung leben. Nach Geschlecht, Alter und Betriebsart sollen besondere Rücksichten auf den einzelnen Arbeiter genommen werden. Bei Fortbezahlung des Lohnes soll mindestens eine Woche als normale Urlaubszeit angesehen werden, da ein bis zwei Tage den obengenannten Anforderungen der völligen Ausspannung der Nerven und Muskeln nicht entsprechen. Es muß aber für völlig verfehlt angesehen werden, wenn der Urlauber diese freien Tage dann für übertriebene Sportsleistungen,

Wanderungen oder gar aus falschem wirtschaftlichen Sinn zur sogenannten „Schwarzarbeit“ benutzt.

Die zweite Partei, welche bei der Ermüdungsbekämpfung gefragt werden muß, ob sie mit den gewählten Maßregeln einverstanden ist, ist der Arbeiter selbst, der den notwendigen Arbeitswillen aufzubringen hat, indem er die Müdigkeit hintenan zu stellen hat und mit allem Maß von vorhandener Kraft sich der Leistung nicht etwa entgegenstemmt, sondern sie zu fördern sucht.

Hierin liegt der Gegensatz zum Sportsmann, bei dessen Leistungsanstrengung Ehrgeiz und eigener Wille zur Höchstleistung besteht, während der einzelne Arbeiter immer noch befürchtet, durch großen Fleiß und vermehrte Leistung vor den Mitarbeitern unangenehm aufzufallen und durch Mißmut und Arbeitsunlust das Gefühl der Abhängigkeit sich selbst vermehrt und eher zur Müdigkeit kommt, als wenn er mit uneingeschränktem Leistungswillen an das gestellte Pensum herginge.

**7. Wert der Übung.** Man neigt im allgemeinen dazu, den Übungseinfluß zu überschätzen, weil man annimmt, daß eine geringe Leistung bei der Prüfung im Laufe der Zeit durch Übung ausgeglichen wird. Allerdings muß die Funktion dann auch tatsächlich übbar sein. Bei einem Farbenblinden wird man durch Übung ebensowenig etwas erreichen können, wie man bei einem Unmusikalischen nie erreichen wird, daß er ein Geiger wird. Das Nachlassen der Leistung als Ermüdung ist eine Wirkung der mangelnden Willensanspannung. Kraepelin hat in seiner Arbeitskurve das Moment des Antriebes bei der anfangs gesteigerten Willensanspannung hervorgehoben.

**8. Die Arbeitsanrührigen und ihre Beziehungen zur Arbeit.** Bei der Berufsberatung von Nervösen, Psychopathen und organisch nervengeschädigten Individuen, wie man sie unter Kriegsbeschädigten recht häufig findet, ist dies Moment besonders zu berücksichtigen. Auch hier muß ich auf meinen Aufsatz im Zentralblatt verweisen.

## II. Ermüdungsausgleich und Erholung.

### a) Physiologische Faktoren.

**9. Ernährung.** Um der Ermüdung begegnen zu können, gehört eine kräftige Ernährung zu den Vorbedingungen eines rationellen Ermüdungsausgleiches. Die gemischte Kost ist nach den Grundsätzen des Sportes wohl die gegebene. Eine kohlehydratreichere Kost, wie sie besonders die vegetarische darstellt, erscheint für Dauerleistungen recht zweckmäßig, doch sprechen Gewohnheit und Individualität hierbei eine große Rolle. Außer dem Fleisch gelten Brot, Käse, Bohnen und Erbsen als die besten Eiweißspender. Eiweiß und Fett in größeren Mengen belasten die Verdauungsorgane, ohne die Leistung zu erhöhen.

Der Achtstundentag hat dazu verführt, die Brotkost zu verallgemeinern. Stullenwirtschaft ist der Berliner Ausdruck dafür. Man darf nicht vergessen, daß unsere eigentlichen Heizstoffe die Kohlehydrate sind. (Brot, Kartoffel, Vollreis, Mais, Gries, Graupen, Erbsen, Makkaroni, Nudeln und das Fett.) Deshalb ist ein Topf mit Gemüse und etwas Fleisch die beste Mischung, welche der Geistes- und Körperarbeiter zu sich nehmen sollte. Besonders sollte man aber an die Steigerung des Milchverbrauches denken. Der reine Nährwert von 1 l Milch ist noch größer als der von 1 Pfd. Fleisch. Milch kostet, obwohl sie noch billiger sein könnte, doch immer noch 75 vH weniger als Fleisch. Auch Margarine sollte mehr Verwendung finden. Bei völlig gleichem Nährwert kostet 1 Pfd. Butter 2,40 M. und 1 Pfd. Margarine 75 Pfg. Die fehlenden Vitamine findet man leicht in Obst usw. Über die Zeit ist zu sagen, daß der Magen vor der Nahrungsaufnahme eine kurze Zeit ruhen soll. Also 5 Minuten liegen vor der Mahlzeit und am Abend nur eine kleine Mahlzeit, während die Hauptmahlzeit zu Mittag stattfinden soll. Volksküchen und eine Bereitstellung in den Fabriken für Unverheiratete, sowie Wärmeherde für das Mitgebrachte müssen gefordert werden.

Auf die Ernährung kann hier nicht weiter eingegangen werden, doch möge dieser Hinweis genügen, um einsichtige Betriebsleiter zu veranlassen, durch belehrende Anschläge über den Wert richtiger Ernährung und rationeller Kochkunst die Vorteile einer guten Küche dem Arbeiter in Erinnerung zu bringen.

**10. Durststillung.** Zur Stillung des Durstes im Betriebe wird häufig ein dünner Kaffee oder Tee bereitgestellt. Dagegen ist an sich nichts zu sagen, wenn die Flüssigkeitszufuhr in bescheidenem Maße erfolgt. Nach den Erfahrungen der Arbeiter an Schiffskesseln und an heißen Betriebsstätten gilt es aber für besser, nur kleinste Mengen zum Anfeuchten der Mundhöhle zu trinken, da andernfalls Magen- und Verdauungsbeschwerden die Folge sind. Fruchtsäfte und frisches, reifes, saftiges Obst werden als das Beste dargestellt.

**11. Leistungssteigerung durch alkaloidhaltige Mittel.** Bei Kaffee und Tee ist die Alkaloidwirkung noch zu berücksichtigen, welche über Ermüdungsmomente hinweghilft. In schlimmerer Weise wirken Koka und Kola. Koka enthält das bekannte Kokain, das nach Willner auch bei den amerikanischen Sechstagerrennen als Doping gebraucht wird. Glücklicherweise ist es bei unseren Arbeitern nicht im Gebrauch.

Die Kolanuß enthält ebenfalls wie der Kaffee das Koffein. Die Untersuchungen unseres Korpsstabsapothekers Bernegau in Kamerun fanden um 1899 statt und wurden von Bernegau, Hachtigall und Rohlf auf ihren Expeditionen ausgeprobt. Übereinstimmend konnte festgestellt werden, daß das Kauen der Kolanuß erfrischend und anregend wirkte. Nach Ansicht von Nocht ist die Kolanuß auch als Blutbildner anzusehen. Ob die Einführung bei

uns wertvoll wäre, muß der Gebrauch zeigen, zumal die bekannten Präparate für die Allgemeinheit noch viel zu teuer sind.

**12. Tabak.** Die bei uns von den Arbeitern so sehr beliebte Tabakwirkung durch Zigarette oder Pfeife kann durchaus nicht als ein Mittel gegen die Ermüdung gelten. Nach den Sportuntersuchungen von Herxheimer ist festgestellt, daß Leistungsminderungen entstehen. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß Arterienverkalkung bei über 90 vH der Raucher vorhanden sind.

**Kaugummi.** Eine wertvolle Bereicherung mag in unserem Vaterlande der Siegeszug des amerikanischen Kaugummis nicht genannt werden. Immerhin ist die Anregung des Speichelflusses und die Verminderung des Durstgefühles neben dem billigen Preise ein Vorzug, der bei den Arbeitern Beachtung findet. Außerdem geht die Ansicht der von mir über den Punkt gehörten Zahnärzte dahin, daß die vermehrte Durchblutung des Zahnfleisches und die Anregung des Speichelflusses ein Hilfsmittel im Kampf gegen die Parodontosen sei, während die mechanische Beschädigung der Zähne durch den Tabak fortfalle.

**13. Alkohol.** Über den Alkohol während der Arbeit ist als leistungssteigerndes Mittel die Ansicht angenommen, daß für vorübergehende Anspannung der Peitschenschlag für den Augenblick genügt, um eine Parforceleistung zu erzwingen, daß aber die Folgen auch in derartigen Fällen durch einen Ausfall der Leistungsfähigkeit gegeben sind. Wirksam ist der Alkohol als Sparmittel, weil er den Abbau der Nährmittel verzögert.

Es ist bekannt, daß der Alkohol die Gefühle von Ermüdung und Schwäche zu überwinden vermag. Nach Lombards Untersuchungen halten kleine Alkoholmengen die Ermüdung zwar auf, verstärken aber nicht die willkürliche Muskelarbeit. Bei unwillkürlicher Arbeit nahm der Arbeitserfolg ab. Der Alkohol erleichtert nur die cerebralen Prozesse, die bis zu einer Stunde lang in diesem Sinne erregt werden, dann aber in das Gegenteil umschlagen. Kraepelin gab die Grenzdosis bei erwachsenen Abstinenteu auf 40 g an.

Leider hat diese belebende Wirkung des Alkohols die schwerarbeitenden Berufe veranlaßt, bei schwerer Arbeit den Alkohol als ein Kräftigungsmittel anzusehen, das gegen Ermüdung und Erschöpfung anzuwenden sei. Durig untersuchte, ob eine Leistungssteigerung überhaupt auf Alkoholgenuß eintrete. Er stellte fest, daß im Gegenteil eine Herabminderung um 17 vH erfolgte. Auch Hellston fand den gleichen Prozentsatz, und ein ähnliches Resultat zeigten die Versuche von Aschaffenburg bei Schriftsetzern und von Herxheimer bei Sportsleuten. Bei Schießversuchen bayrischer Soldaten fand Kraepelin nach Alkoholgaben von 40 g bis zu 10 vH herabgesetzte Treffsicherheit. Simonsons Untersuchungen haben ergeben, daß geringe Dosen von 4 ccm eine Leistungssteigerung vorübergehend erzielten.

Allgemein gesprochen findet man die Herabsetzung intellektueller Fähigkeiten schon bei relativ geringen Dosen, die Ideenverbindungen lassen nach und die Folgerichtigkeit von Gedankengängen leidet. Demgegenüber werden die Hemmungen beseitigt, ethische Überlegungen werden nicht so kritisch durchgeführt, so daß Entgleisungen sogar krimineller Art erleichtert werden.

Die Eigenschaft des Alkohols als Zellgift läßt also den Alkohol nicht als empfehlenswert erscheinen, wie die Sportsleute auch erkannt haben. Zur Ermüdungsbekämpfung ist der Alkohol deshalb ungeeignet. Nur bei kurzen Anstrengungen, wobei auch andere Hemmungen überwunden werden müssen (Sturmangriff), kann der vorübergehende Elan durch derartige Mittel hervorgebracht werden.

**14. Präparate zur Leistungssteigerung.** Über die Bedeutung der Phosphorsäure in der Muskelphysiologie gibt E. S. Schmitz aus Breslau um 1. Jahrg. Nr. 9 der Klin. Wo. einen ausführlichen Überblick. Für die Leistungssteigerung des Muskels bleibt wichtig, daß die Hexosephosphorsäure als Zwischenprodukt beim Abbau der Kohlehydrate im Muskel anzusehen ist. Wenn bei den Vorgängen der Synthese Phosphorsäure beteiligt ist, so muß ein Darreichen dieses Mittels die Leistung unfehlbar steigern. Tatsächlich zeigte die Prüfung kräftiger Soldaten am Ergostaten, daß die Darreichung eines Trankes Steigerungen des Arbeitswertes um 20 vH erzielte, während ein Scheintrank keine Wirkung hatte. Besonders bei großer Hitze wurden die Unterschiede des Phosphatrankes um so deutlicher. Im Etappengebiet wurde bei einer ganzen Division ein Versuch gemacht, der bei einem Regiment genaue Kontrolle festlegte, während bei den anderen Truppenteilen freie Einnahme der Phosphatgetränke erlaubt wurde. Bei letzteren traten Durchfälle und Schlafstörungen ein, während bei dem streng kontrollierten Regiment objektiv günstige Wirkungen sich feststellen ließen. 7,5 g galt als Normaldosis. In den Kohlenruben trat bei der Förderleistung ein zahlenmäßiger Ausdruck für die Wirkungsweise des Mittels hervor. Infolge ungünstiger Ernährungsverhältnisse war die Förderleistung einer Grube von der Größe 78 Januar 1917 auf die Größe 70 Januar 1918 zurückgegangen. Sie stieg sofort nach Phosphatverabreichung auf 75 und verblieb während der Versuchsdauer auf gleicher Höhe. Auf anderen Gruben nahm Schwitzen und Durstgefühl ab, bei geistigschaffenden trat auf die Verabreichung deutliche Frische und Arbeitsfreude hervor. Bei abendlichen Gaben traten allerdings auch Schlafstörungen auf. Dresel: D. M. W. 1926, Nr. 37, S. 1561.

Normalerweise enthält die gemischte Kost genügende Mengen Phosphate. Wenn jedoch besondere Anstrengungen gefordert werden, die Anwendungsform Natrium biphosphoricum zu gebrauchen, welche von der Firma H. u. E. Albert in Biebrich unter dem Namen Recresal in den Handel gebracht wird.

Bei dem Phytosphosin wird die Inositphosphorsäure in Verbindung mit Kalk angewendet.

Das Amtliche Deutsche Arzneibuch führt etwa 20 Eisenpräparate auf. Zahlreiche moderne Eisenpräparate enthalten des Metall in nicht ionaler Form, sondern gebunden. Es ist kaum erwiesen, daß diese organischen Präparate vor den anorganischen Vorzüge haben.

Kleine Gaben von Eisen, wie in Form von Blutpräparaten, bewirken keine deutliche Leistungssteigerung. Nur hohe Eisengehalte können hier zum Erfolge führen. Zu empfehlen ist unter den anorganischen Präparaten das Ferrum carbonicum saccharatum, unter den organischen das Eisentropen.

Rubner spricht in seiner Arbeit über die moderne Ernährungsphysiologie von der Zellfüllung. Hierzu bedarf es des Eiweißes, und zwar erheblich mehr, als es nach der Abnutzungsquote erwartet werden sollte. Erfahrungsgemäß ist der Käse ganz vorzüglich zur Eiweißdarrückung geeignet, weil er durch die Einwirkung proteolytischer Fermente sehr aminosäurereich ist. Haff wendete das Eatan mit gutem Erfolge bei Erschöpfungszuständen an. Dies besteht aus aufgespaltenen hydrolysierten tierischen Organen.

Als Mischpräparate, welche die Eisen-, Eiweiß- und Lezithinwirkung in sich vereinen, gibt es eine Unzahl von Präparaten, welche unter dem Namen Aromatische Eisentinktur, Eisenmanganessenz, Eisenmangan-Peptonatessenz und Lezithol in den Handel gebracht werden. In der Vereinigung mit Jodsalzen gibt es den Eisenjodinlebertran, Eisensajodin, Malzextrakt, Eisensajodinemulsion (Riedel), Arseneisentropon. Bei allen diesen Präparaten sind nämlich große Mengen notwendig, um den Tageseiweißbedarf zu decken. Die Forderungen, die an ein Idealpräparat dieser Art gestellt werden müssen, sind 1. daß nur eine kleine Menge gebraucht werden darf, 2. daß es lange Zeit ohne Verdauungsbeschwerden gegeben werden kann, 3. daß es nicht widerlich schmeckt und 4. daß es nicht zu teuer ist.

Auf dem Naturforschertage in Wien sprach Grabley über die Bedeutung der Mineralstoffe für Stoffwechsel und Therapie. Biochemisch hat besonders Schüßler die Therapie mit Mineralsalzen durchgesetzt und zur Grundlage seines ganzen Systems gemacht. Der Mangel an Kalksalzen und an Kieselsäure sollte durch geeignete Mengen dieser Mineralien ersetzt werden. Gesteigerte Kräfte und Energieanregung wird von diesen Salzen hergeleitet.

Über die Erhöhung des Kalkgehaltes in der Nahrung zur Leistungssteigerung berichtet Prustmann in der Deutschen Sport-schule Nr. 12, 1921, und Dr. Friedländer im Wassersport Nr. 17, 1924. Beide halten das Mischpräparat Calcaona, welches aus Chlor-kalzium und Kakao besteht, für ein ausgezeichnetes Mittel, um restituierend auf die Körperkräfte zu wirken. Ein ähnliches Präparat

Pherakalk wird von der Firma Bero als Zusammensetzung von Eisen, Mangan, Kalk als Laktate in den Handel gebracht.

Wie das Kalzium hat auch Strontium die Eigenschaft, die Erregbarkeit des vegetativen Nervensystems herabzusetzen. Ein bekanntes Kräftigungsmittel dieser Gruppe stellt das Robural dar, welches außerdem Lipide, Vitamine und Phosphate enthält.

Sehr interessant als Mittel der Leistungssteigerung sind die organischen Hodenpräparate, welche eine deutliche Anregung auf die Gesamtleistung des Menschen ausüben. Nach den Untersuchungen von Zoth war das Testiglandol der Firma Chemische Werke Grenzach bei subkutaner Injektion sehr wertvoll, um Steigerungen bis zu 50 vH der Anfangsleistung zu erzielen.

Mechanische Ermüdungsbekämpfung. Die Physiologie und Psychologie der Ermüdung weist durch ihre Entstehungsursachen auf eine reine mechanische Methode hin, um die Erscheinungen der Erschöpfung zu vermindern oder gar zu verhindern.

**15. Spannung und Entspannung.** Die anfangs geschilderten chemischen Umsetzungsvorgänge haben den Sportsmann auf die Behandlung des Muskels selbst hingewiesen. Man weiß, daß an der Bewegung der ganze Körper teilnimmt. Die Grundsätze der Muskelspannung und Entspannung mußten also zuerst in Anwendung gebracht werden, um einen Ausgleich zu ermöglichen. Alle Arbeitsbewegungen sind Muskelkontraktionen. Die Spannungsübungen sind also, sportlich gesprochen, das Element einer jeden Arbeitsbewegung. Das Abspannen ist die Übergangsphase zu neuen Leistungen. Um jedoch eine solche Entspannung herbeizuführen, die die Gefäße erweitert und den oben klargelegten chemischen Umsatz herbeiführt, muß eine Schulung es wirklich dazu bringen, um im physiologischen Sinne eine solche Lockerung der Muskeln herbeizuführen. Die Fähigkeit, eine gänzliche Dehnung und Lockerung der Muskeln herbeizuführen, besitzt nur der Schlaf oder die Bewußtlosigkeit auf krankhafter Ursache. Die sinnreichen Lockerungsübungen der Bodeschule und auch die Ausdrucksbewegung der Tanzschule Laban haben auf die wertvolle Entspannung geführt, welche durch die Amerikanerin Mensendieck zuerst unter den Ausdrücken des Energisierens und Relaxierens in Deutschland Eingang fanden. Das Geschwisterpaar Ellen Petz von Cleve und Frau Petz von Wicht in Berlin haben in ihren Tanzschulen sich besonders dieser Studien angenommen. Es sind dies anfänglich ganz kleine Bewegungen, die in einem fortwährenden Wechsel zwischen geringem Spannen und Abspannen vor sich gehen. Schnelles Ein- und Auswärtsrollen des hängenden Armes, im Wechsel von Spannen (Drehen des Armes nach der einen Seite), Abspannen und Gegenspannen nach der anderen Seite. Solche Bewegungen kommen oft dem Schütteln gleich. Ein günstiger Einfluß auf die arbeitende Muskulatur wird sofort erzeugt. Eigentliche Entspannungsübungen allein

bestehen also nicht. Rudolf Bode hat zuerst auf diese Übungen hingewiesen, um falsche Spannungen und Verkrampfungen zu bekämpfen. Bei ihnen handelt es sich in der Hauptsache um Beseitigung von Hemmungen. Grundsätzlich ist allerdings daran festzuhalten, daß es im Wachen ganz unmöglich ist, alle Spannungen zu beseitigen. Versuchen wir es nur einmal auf dem Liegediwan, unsere gänzliche Entspannung hervorzurufen. Wenn dieser Zustand aber nur halbwegs erreicht ist, so genügen schon 8 Minuten dieser Übung, um das Gefühl der Frische herbeizuführen. Man muß es dahin bringen, daß der Körper nur dem Gesetz der Schwere folgt. Die dadurch erhaltene oder wiedergewonnene Entspannungsfähigkeit bedeutet auch eine wesentliche Entlastung des Nervensystems. Alle Tiere kennen in ihrem Organismus keine Verkrampfungen, weil ihre sämtlichen Bewegungen unter einem Gesetz einer die ganze Natur durchwaltenden Rhythmik stehen (Bode).

Nach Professor Vogt erzeugt andauernde, schwere Berufsarbeit in einseitiger Form ein Versteifen und Verkrampfen der Muskeln und Gelenke. Ihre Lockerung werden sie aber nicht im Geräteturnen erreichen, sondern dies bedeutet für sie weitere Belastung. Freiübungen, in Form von Entspannungsübungen, und zwar die vorzüglichen Dehnungsübungen des Dänen Niels Bukh, sind von größtem Wert. Lockeres Vor- und Rückwärtspendeln eines Beines, lockeres Seitwärtspendeln der Arme kann dazu verhelfen. Auch im Männerturnen muß der Wechsel von Spannung und Lösung erreicht werden.

Schwarz sagt: Die lebendige Bewegung muß ein Wechsel von Spannung und Entspannung, von Spannung und Lockerung sein. In diesem Wechsel liegt auch die starke Lustwirkung des rhythmischen Geschehens.

Die praktische Anwendung im Betriebe läßt sich leicht durchführen, denn derartige Übungen, drei Minuten vor der Pause ausgeführt, geben ein reiches Maß von Lebenskraft für die nächste Arbeitszeit.

**16. Horizontallage.** In den illustrierten Blättern sah man vor einigen Wochen die Liegestühle, welche von einsichtigen Leitern der großen Kaufhäuser für ihre Angestellten bereitgestellt wurden. Sie verdienen Nachahmung im weitesten Ausmaße.

Hinweisen möchte ich noch auf eine vorzügliche Art, der im Bein gesenkten Flüssigkeitsmengen zum schleunigen Rückfluß in den Körper Gelegenheit zu geben. Die praktischen Amerikaner legen nach der Mahlzeit die Beine, zum Entsetzen gesitteter Europäer, auf den Tisch. Das Mittel ist einem natürlichen Bedürfnis entsprungen, denn wir haben bei unserer physiologischen Betrachtung gesehen, welchen Wert die Entlastung der unteren Extremitäten für die körperliche Ermüdung hat.

**17. Massage und Entmüdung.** Der Schritt von den Entspannungsübungen zur Anwendung einer sachgemäßen Massage ist nicht weit.

Die Ausübung der Massage setzt eine genaue Kenntnis des Körperbaues voraus. Die Lage der inneren Organe, der Bau des Knochengerüsts und der Verlauf der Blutgefäße und Nerven muß bekannt sein, wenn man zweckmäßige Griffe anwenden will. Nur dann wird eine Beschleunigung des Blutumlaufs erreicht und eine Verschiebung und Umsetzung des Stoffwechsels. Durch die Handgriffe wird das Blut mechanisch vorwärts geschoben. Die Muskeln werden zur Zusammenziehung gezwungen, so daß die Durchblutung schneller und reichlicher erfolgt. Die kleinen Haargefäße werden erweitert und zur Blutaufnahme gezwungen.

Der Sport unterscheidet die Vorbereitungsmassage vor der Arbeit, die Entmüdungsmassage unmittelbar nach der Leistung und die Trainingsmassage. Die Bearbeitung von Haut, Muskeln, Sehnen und Gelenken durch Kneten, Streicheln und Schütteln ist von ausschlaggebender Bedeutung. Auch die Selbstmassage ist hinreichend, wenn nicht zwei Kameraden die Arbeit an sich gegenseitig ausüben können.

Die beste Sportmassage wird von den Finnen angewendet. Ihre Grundgriffe bestehen in einer Art Drehung der Muskeln mit dem Daumen, Knetung mit den Fingern und Streichen mit der Handfläche. Sie besteht in der Hauptsache aus Trockenmassage über der Unterwäsche. Ihr Hauptunterschied gegenüber anderer Massage besteht in tiefen Griffen in die Muskulatur bis auf die Knochen, wodurch neben den Muskeln auch die Sehnen, Adern, Nerven und selbst die Knochen beeinflußt werden.

Alle diese Übungen haben den Zweck, das gesenkte Blut zu heben und durch das Arbeiten rein mechanisch den Gasaustausch so zu heben, daß die Müdigkeit verschwindet.

Auch diese Methode sollte in unseren Betriebspausen angewendet werden und durch Anschläge empfohlen werden.

**18. Bäder.** Über die Bäder bleibt noch ein Wort zu sagen. Wir haben wohl Brausen- und Wannebäder in den Betrieben. Über ihre Anwendung bestehen aber nur Anschläge, die den Gebrauch regeln sollen. Dagegen fehlen meist Angaben, die gesundheitliche Belehrung über den Wert des Bades enthalten. Bekanntlich beseitigt ein kurzes heißes Bad mit folgendem kaltem Überguß durch Gefäßgymnastik unfehlbar die Ermüdung. Langdauernde, sogenannte protrahierte Bäder können wohl zu Kurzwecken bei Rheumatismus usw. von Heilwirkung sein, aber sie erschaffen den Körper. Für das Reinigungsbad der Arbeiter ist aber die Methode des Sportmannes vorzuziehen, der auf ein heißes kurzdauerndes Bad die eiskalte Dusche folgen läßt.

Die Kreislaufverhältnisse werden dadurch günstig gestaltet und die Gefäßgymnastik in vorzüglicher Weise durchgeführt.

In der Presse wird viel Reklame für Badezusätze, namentlich für Fichtennadelextrakt und dergleichen gemacht. Bei diesen ist

zu unterscheiden zwischen den Auszügen der Nadeln von *Pinus silvestris*, *Abies* und *Picea excelsa*. Diese haben durch ihren Gerbsäuregehalt eine anerkannte Einwirkung auf die Haut, in der die Säfte stärker strömen und die Hyperämie steigern. Die Einatmung des Duftes wirkt expektorierend. Bei den künstlichen Präparaten ist meist neben einem gewissen Gehalt an ätherischen Ölen Kochsalz, Alkalikarbonate, Soda und doppelkohlensaures Natron vorhanden. Als Farbstoff wird Fluoreszin gebraucht. 25 g kommen auf 150 l Wasser, deshalb können diese Tabletten nur wenig wirklichen Wert haben. Goldscheider und Zickel halten den psychotherapeutischen Wert der Bäder hoch, Tappeiner und Jodl glauben auch an photodynamische Wirkung des Fluoreszins.

**19. Fußpflege, Stiefeleinlagen.** Auch die Art der Fußpflege sei hier erwähnt. Der Fuß ist den ganzen Tag belastet. Die Ermüdung durch das Stehen greift auf den ganzen Körper über. Wenn man nicht endlich dazu übergehen will, möglichst viel Sitzgelegenheiten und Armstützen bei feiner Handarbeit zu schaffen, so soll man den Arbeiter darauf hinweisen, auf eine gesundheitsgemäße Einwärtsstellung der Füße zu achten, so daß die Außenkante des Fußes möglichst belastet wird. Die gewölbehaltenden Sehnen und Muskeln werden dadurch bedeutend entlastet. Massage des Fußes sei empfohlen. Schließlich muß auch noch auf einen Fehler unseres Schuhwerks hingewiesen werden. Da wir nun einmal meist auf gepflasterten Wegen unserem Heim zueilen, sollte das ehrsame Schusterhandwerk endlich einmal von selbst darauf kommen, unter dem Hohlfuß eine Verstärkung der Sohle anzubringen. Die vielen käuflichen Einlagen werden zwar stets als nicht passend von den Orthopäden angegriffen. Warum verstärkt man nicht die Stiefelsohle, um den Senkfuß ein für alle Male zu vermeiden?

Nach den vorausgegangenen Besprechungen halte ich die bisher gewählten Methoden sämtlich für geeignet, um im Betrieb Anwendung während der Pause zu finden.

Liegestühle müßten unbedingt in jedem Aufenthaltsraum vorhanden sein. Schon 8 Minuten Schlaf genügen, um durch gänzliche Entspannung dem Körper neue Kraft zuzuführen.

**20. Kleidung.** Die Kleidung soll leicht und bequem sein, nicht beengen, Atmung oder Blut abschnüren.

**21. Schlaf.** Die gänzliche Restituierung des Körpers kann wohl allein nur durch den Schlaf stattfinden, so daß diese Ermüdungsbekämpfung wohl die einzige ist, die eine Ausgleichsmöglichkeit ohne Übernahme von Ermüdungsresten auf den folgenden Tag gewährleisten kann.

Über die Zeit der Dauer des Schlafes ist bekannt, daß Kinder sehr viel schlafen und daß mit dem Ablauf des Lebens das Schlafbedürfnis abzunehmen pflegt.

Hufeland sagt: Die naturgemäße Einteilung des Tages bleibt

gewiß die: 8 Stunden der Arbeit, 8 Stunden der Ruhe und 8 Stunden der Nahrung, körperlichen Bewegung, Gesellschaft und Aufheiterung.

Der Wert des Schlafes besteht in der vollkommenen Muskelentspannung, welche kaum im Wachen in diesem Maße möglich ist. Die Entspannung ist deshalb nötig, weil selbst bei geringster Spannung noch Ermüdungsstoffe im Körper gebildet werden. Der zweite Grund der Überlegenheit der Schlafregeneration ist vor dem einfachen Liegen die völlige Nervenentspannung. Im Schlaf überwinden also die stoffersetzenden Vorgänge die stoffersetzenden Prozesse des Wachseins und der Arbeit.

#### b) Psychologische Faktoren.

**22. Steigerung des Arbeitswillens.** Wie hier der Wille zur Gesundheit die Krankheit überwinden hilft, so ist der Arbeitswille auch das Gegengewicht gegen die Ermüdung und Erschöpfung. C. M. Campbell (Journal of industr. hyg. 5. Bd., 4. H., 1923) fordert, daß Fabrikant und Pflegerin bei unregelmäßiger und verminderter Leistungsfähigkeit der Psyche des Arbeiters nachgehen sollen und für geeignete Ablenkung und Erholung außerhalb der Arbeitszeit Sorge tragen. Die rein psychologische Erfassung des Arbeiters ist notwendig und auch möglich, wenn wir von Mensch zu Mensch es erreichen, daß der Arbeiter die Arbeitstätigkeit nicht als Last, sondern als Pflicht und Lebensaufgabe anzusehen geschult ist.

Schon bei der Jugend muß die Ehrfurcht vor der Arbeit als ethische Pflicht anezogen werden.

**23. Die Ferien** sind ein Jungbrunnen für die Hebung der Arbeitskraft. Starke Anstrengungen durch Sport und Wanderungen sollten aber stets vermieden werden. Völlige Ausspannung ist einem jeden Menschen einmal nötig. Die Beseitigung der Ermüdungsreste aus Muskeln und Nerven ist eine physiologische Notwendigkeit, die jeder Körper- und Geistesarbeiter sich gönnen sollte. Abkehr von der Berufsarbeit. Fernsein von dem täglichen Zwangsverkehr mit Menschen, bei denen man meist Neid und Falschheit herausfindet, Ausschlafen, frische Luft in freier Natur, das sind die Gedanken, die den Menschen erfüllen, wenn er aus der Arbeitsfron des Geldverdienens heraus Erholung zu suchen sich anschickt. Zwar droht schon wieder das Gespenst der vermehrten Arbeit nach der Heimkehr, wenn der lebenswürdige Vertreter die schwierigen Arbeiten einfach liegen ließ oder gar durch Unkenntnis eine Reihe von wichtigen Dingen im verkehrten Sinne bearbeitet hat.

**24. Urlaub der Frau.** Mehr noch als die Jugend hat die Frau in der Industrie die Erholung nötig. Abgesehen von der eintönigen und schweren Arbeit, die man der Arbeiterin zumutet, ist sie als weibliches Wesen von einer dreifachen Last, der Arbeiterin, der Mutter und der Hausfrau bedrückt. Sie soll auch die Erziehung und Aufzucht des Nachwuchses übernehmen. Um so mehr bedarf sie der

Ausspannung und der Erholung. Ermüdungsausgleich kann nur stattfinden, wenn endlich auch für Frauen das Wochenende der Engländerin eingeführt wird. Aber nicht soll dieses Wochenende dem Reinemachen dienen, sondern der Erholung und Gesundheit.

### **25. Vergeistigung der Arbeit durch Lust und Unlust bei der Arbeit.**

Über die Stellung der Jugend zu den Problemen der Schaffensfreude gibt das lesenswerte Buch von Bues Auskunft (vgl. Zentralbl. f. Gewerbehygiene 1922, Heft 4 Seite 154). Die Licht- und Schattenseiten der Berufe stellen sich in den Augen der Jugendlichen oft anders dar als in der wachsenden Erkenntnis des Arbeiters, der schon jahrelang in seinem Berufe steht. Aber die angeblichen Hemmungen und Widerstände, welche der junge Lehrling bei Beginn der Arbeit in den neuen Eindrücken empfangen hat, können sich als eingeklemmte Affekte so in ihn hineinfressen, daß sie eine Behinderung der Leistungsfähigkeit darstellen und zur frühzeitigen Ermüdung und Erschöpfung beitragen.

**26. Menschenwirtschaft und Menschenbehandlung.** Aus den Äußerungen der jugendlichen Arbeiter geht hervor, wieviel Wert von ihnen auf einen guten Menschenbehandler gelegt wird. Einen Führer, der ihnen die Richtung ihres Tuns vorschreibt und doch nicht das Maß überschreitet, wozu der an Erfahrung und Lebensjahren Ältere gern geneigt ist. Friedrich weist in seinen Wertarbeitsblättern ja immer wieder auf den Wert des Menschenwirtschaftsingenieurs hin, der ebenso wie der Maschineningenieur die Maschine, den Menschen des Betriebes beobachten soll, um die Leistung zu steigern und den Betrieb vor Erschöpfung zu bewahren. Das Amboß- und Hammersein rächt sich bei der Industriearbeit stets. Wer Führernatur hat, wird leicht seine Vormacht ausnutzen, um die Gleichgestellten, mögen sie auch an sozialer Stellung und Gehalt ihm gleich sein, auf seine Rechnung arbeiten zu lassen. Die ausgezeichneten Führer Richtlinien von Professor Dr.-Ing. Adolf Friedrich an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe verdienen in allen Betrieben angeschlagen zu werden.

Die Überarbeit schafft Überarbeitung. Aufpeitschungsmittel schwächen nur, so daß Krankheiten die angebrochene Lebenskraft noch mehr aufzehren und die Spannkraft schädigen.

6 Pausen zu 7 Minuten seien nach der Uhr in jeder Arbeitsstätte zum Aussetzen der Arbeit in der Fabrik genau nach der Uhr gestattet, und man wird, genau wie in der Fremdenlegion bei Marschleistungen, den Wert der Erholung zu schätzen wissen und bald den verbrauchten Zeitraum durch vermehrte Spannkraft bei der Arbeit eingeholt haben.

**27. Der Wille zur Arbeit.** Der Wille zur Arbeit ist die beste Maßregel, welche die Ermüdung auszugleichen vermag. Zwei Theologen sind es eigentümlicherweise, die den ethischen Wert der Arbeit in Zweifel stellen. Adolf Harnack sagt, drei Viertel der Arbeit und

mehr sind nichts als stumpfmachende Mühe, und es sei sehr viel Heuchelei im Lobpreis der Arbeit. Wilhelm Hermann meinte, jede Arbeit habe Strecken unerfreulicher Mühe. Beide warnen vor der Arbeitswut und dem Kultus der Arbeit. Wir müssen darin festhalten, tätig zu sein ist des Menschen erste Bestimmung. Nach Karl Bücher wird der Mensch im Rhythmus das Maß der Wiederholung. Die Taktarbeit der Maschine ist aber etwas Ruckweises ohne das Gleichmaß menschlicher, seelisch empfundener Musik der Arbeit. Das Hohelied der Arbeit begann im Ruhrgebiet mit dem lustigen Hämmern der Schmiede und schloß mit ohrenbetäubenden Poch- und Hammerwerken. Der gesellschaftliche Zusammenschluß fleißiger Arbeiter bringt erst den richtigen Rhythmus hervor, er stachelt an und wehrt der Arbeitswut oder Lässigkeit des einzelnen. Erst diese Art freier rhythmischer Arbeit, sagt Bücher, befreit den Geist, erleichtert die Arbeit und wird Quelle ästhetischen Wohlgefallens. Im Rhythmus ist nach Traub die rohe Schwerfälligkeit des Arbeitsprozesses überwunden.

In unserer Zeit ringen Kapitalismus und Marxismus um die Herrschaft. Beide verneinen höhere Werte und leugnen jede Humanität. Ermüdung und Erschöpfung bringt diese Anschauung für beide Teile. Ein ewiges Grau in Grau lagert sich über den Kampf um das Dasein und vernichtet Frohsinn und Lebensmut, wenn nicht neue Mächte sich vereinen, um neuartige Anschauungen in die Lebensarbeit hineinzutragen. Eine vereinsamte Arbeit des Gelehrten hilft ebensowenig wie die Auflehnung der Masse gegen Ketten, die sich doch nicht abschütteln lassen. Das Paradies der Sowjetstaaten beruht auch nur in der Theorie. Mag auch dort von den Freunden der Völkerbefreiung viel guter Wille aufgebracht und mancher Weg versucht werden, aus der Literatur konnte ich nirgends sehen, daß es dort keine Müdigkeit und Erschöpfung mehr gibt. Die Kollegen, welche dort waren, haben den Glauben an die ihnen dort vorgeführten Potemkinschen Bilder verloren. Aber wie in der Hygiene der Arbeit uns Mittel erwachsen, um zu warnen und vorzubeugen, so müssen wir auch in der Medizin das Mittel finden, um Erschöpfung zu verhindern. Nur so wird unsere Arbeit produktiv an der Volksgesundung mitarbeiten.

So bleibt uns denn die Hoffnung allein auf ein gemeinsames Schaffen und ein Festhalten am Willen zur Arbeit im Rhythmus sozialen Geschehens des ewigen Werdens und des ewigen Vergehens.

### Richtlinien.

#### Wege zur Kraft und Leistung.

1. Die Arbeit wird leicht, wenn der Raum hell, luftig, staubrein ist, die Werkzeuge zur Hand liegen, die Haltung bequem ist und kein Zeitverlust durch Nebenarbeit entsteht.

2. Übung macht den Meister, aber es ist auch noch kein Meister vom Himmel gefallen. Ohne Fleiß und ohne Schweiß kein Preis!

3. Übernimm keine Arbeit, der du körperlich nicht gewachsen bist, aber drücke dich auch nicht vor der Verantwortung!

4. Das erste Frühstück sei kräftig, das Mittagmahl muß eingehalten werden, der Durst soll durch Kaffee oder Tee gelöscht werden, Zu viel Flüssigkeit macht schlapp und befördert die Schweißabsonderung.

5. Wenn die Pause beginnt, schüttele deine Arme und Beine so, als ob du die Glieder von dir werfen wolltest. Dadurch entspannen sich die Muskeln, das Blut fließt durch die Zwischenräume und nimmt das Müdigkeitsgefühl hinweg.

6. Massiere Arme und Beine durch kräftiges Streichen und Kneten dem Herzen zu!

7. Nach langem Stehen lege dich hin und hebe die Beine hoch, damit das Blut aus den unteren Gliedmaßen wieder zum Körper zurückfließt und diese frisch durchblutet werden. Nur wenige Minuten genügen!

8. Wenn du Bäder nimmst, merke, daß ein kurzes heißes Bad mit kalter Dusche danach den Körper am meisten erfrischt.

9. Die Füße halte warm, wasche sie täglich und massiere die Gelenke!

10. Die Kleidung sei leicht. Bei heißer Arbeit genügt Hemd und Hose, doch vergiß nicht, daß du dich ohne Jacke beim Hinausgehen erkälten wirst.

11. Schlafe reichlich, laß das Schlafzimmer gut durchlüften und störe niemand unnötig durch Lärm.

12. Laß dich nicht verbittern! Achte in jedem Mitmenschen den Mitarbeiter!

### Richtlinien für den Arbeitgeber.

1. Neben den Unfallbildern sollen auch allgemeine Regeln der vernünftigen Lebensweise angebracht werden.

2. Der Arbeitsraum soll nicht wie ein Strafraum aussehen. Mehr Kultur gehört in jeden Saal der kleinen und großen Betriebe!

3. Freundlicher Anstrich der Wände, Sauberkeit des Fußbodens, Ordnung der Geräte, geputzte Fensterscheiben sind kein Luxus, sondern Forderungen des Lebens eines jeden Mitmenschen.

4. Der Eßraum sei kein Freiraum. Anständige Stühle, auch Liegestühle, ein sauberer Tisch und ein paar Bilder tragen zur Annehmlichkeit und zur Erholung bei.

5. Es schadet nichts, wenn eine Zeitung regelmäßig im Aufenthaltsraum gehalten wird.

6. Achte in jedem Menschen den Mitarbeiter und versage nicht Anerkennung, wenn sie verdient ist.

# **Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung auf dem Gebiet der Ermüdung und ihre Anwendbarkeit auf die Praxis.**

Von Dr. E. SACHSENBERG,  
Professor an der Technischen Hochschule, Dresden.

Mit 12 Textabbildungen und 4 Tabellen.

Wenn ich vom Standpunkt des Betriebswissenschaftlers und Wirtschaftspraktikers die Ermüdungsforschung und den ganzen Komplex der Ermüdungsfragen einer Würdigung unterziehen soll, so läßt es sich dabei nicht vermeiden, daß manches wiederholt wird, was dem Inhalt nach im Laufe dieser Tagung schon von anderer Seite gesagt worden ist. Das Interesse und die Wertungsgesichtspunkte des Praktikers sind aber von denen des kausaltheoretisch gerichteten Forschers in dem Maße verschieden, daß ein und dasselbe Problem von diesen beiden Perspektiven gesehen, keineswegs dieselbe Bedeutung hat. So ist z. B. die Ermüdung für den Theoretiker vor allem ein biologisches Problem, in dem den chemischen, physiologischen und psychologischen Teilmomenten der entsprechende Platz zugewiesen werden soll. Für den Wirtschaftspraktiker ist die Ermüdung dagegen vor allem ein ökonomisches Problem. Sie interessiert ihn nur, soweit sie die Widerstandskraft des Arbeiters vermindert und so die Sicherheit der Produktionskalkulation und den geordneten Gang der Arbeit in der Werkstatt stört und überhaupt die Leistungsfähigkeit des Arbeiters vermindert. Der Betriebsleiter weiß, daß der ermüdete Arbeiter die Maschine nicht so bedienen kann — soweit es ihm frei bleibt — daß die konstante Arbeitskraft der Maschine voll ausgenutzt wird, und daß eine Vergeudung der Maschinenkraft die Folge ist. Dies kann freilich durch zwangsläufige Bedienung beseitigt werden; drückt sich dann aber fast immer in der Vermehrung des Ausschusses und des Materialverbrauches aus. Dies alles allein würde schon genügen, daß sich der Betriebswissenschaftler ernst mit dem Ermüdungsproblem beschäftigt. Es tritt aber noch hinzu, daß meiner Überzeugung nach die Ermüdung des Arbeiters, vor allem seine nervöse Anspannung, bis zum gewissen Grad für die oft nicht gerade erfreuliche Mentalität der industriellen Arbeiterschaft verantwortlich zu machen ist. Eine zu hohe Ermüdung verringert eben nicht nur

die körperliche, sondern auch die psychische Widerstandskraft des Menschen. Alles in allem genommen haben wir mehr als zureichenden Grund, ernst bestrebt zu sein, der Ermüdung des Arbeiters in der Werkstatt entgegenzuwirken. Dazu ist aber notwendig, den objektiven Stand der Ermüdung festzustellen und die verschiedenen Arbeitsarten und -weisen auf ihren Ermüdungswert hin vergleichen zu können.

Bei einer dem psychophysischen Mechanismus mehr angepaßten Betätigung des Menschen — so teilweise noch immer bei der Landwirtschaft — ist es das Ermüdungsgefühl, das als biologischer Sicherheitsfaktor beim gesunden Menschen die zulässige Leistungsgrenze angibt und ihn vor Überanstrengung schützt. Das ist aber bei der industriellen Produktionsweise keineswegs mehr der Fall. Ihre Entwicklung ist zu rasch vor sich gegangen, als daß die gegenseitige Anpassung der Maschine an den Menschen und umgekehrt durchgeführt werden konnte. Aber auch das Verhältnis des Arbeiters zu dem gesamten Arbeitsprozeß ist ein solches geworden, daß die subjektive Ermüdungsangabe, so wertvoll sie auch ist, nicht als das objektive Ermüdungsmaß gelten kann. Dadurch ist der industrielle Wirtschaftspraktiker gezwungen, nach objektiven Symptomen der Ermüdung Umschau zu halten. Hier berühren sich auch die Sphären des Praktikers und des Theoretikers, ohne sich allerdings vollständig zu decken. Zwischen einem physiologischen, oder einem psychologischen Laboratorium und der Werkstatt besteht eben ein großer Unterschied.

Die von dem Theoretiker gelieferten Ergebnisse der Ermüdungstheorie müssen eine Anzahl Voraussetzungen erfüllen, wenn sie in der Werkstatt brauchbar sein sollen. Diese Voraussetzungen sind im wesentlichen folgende:

1. Einfache Handhabung, rasches und zuverlässiges Resultat, (unter Umständen auch leichte Ansprechbarkeit).
2. Die Prüfung muß billig sein.
3. Die Proben müssen in möglichst großem Maße von dem Willen des Arbeiters unabhängig sein.
4. Sie dürfen den Arbeitsgang möglichst wenig stören. Die Unwissentlichkeit, oder mindestens Unauffälligkeit — falls sie sich erreichen läßt — ist das Wünschenswerteste.
5. Am besten ist es, wenn sie sich als Massenprüfungen durchführen lassen.
6. Jeder Eingriff in den menschlichen Körper muß vermieden werden.

Das subjektive Ermüdungsgefühl haben wir als für die Feststellung der wahren Ermüdung unzulänglich gefunden. Sehen wir uns nun die objektiven Ermüdungssymptome, soweit sie überhaupt von Bedeutung sind, und die darauf sich gründenden

Ermüdungsproben in bezug auf die aufgestellten Bedingungen an (s. Tab. I.).

Tabelle I.

## Symptome der Ermüdung.

- I. (Rein) physiologische.
  - Blutkreislauf:
    - a) Chemische Symptome,
    - b) mechanische (Blutdruck, Puls, Blutfülle (Weber) und Herzgröße).
  - Atmung  
(Frequenz und Volumen, Kohlensäureausscheidung).
  - Körpergewicht und Temperatur  
(Gaswechsel).
- II. Psychophysiologische.
  - Veränderungen der Sensibilität  
(Reizschwelle, Veränderungs- und Unterschiedsempfindlichkeit).
  - Akkommodationsgeschwindigkeit.
- III. Leistungsveränderungen (in Quantität und Qualität):
 

<ol style="list-style-type: none"> <li>a) körperliche               <ul style="list-style-type: none"> <li>Kraft und Ausdauer,</li> <li>Sicherheit und Geschwindigkeit der Bewegung,</li> </ul> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>b) psychische               <ul style="list-style-type: none"> <li>Gedächtnis-Assoziationsfähigkeit und Geschwindigkeit, Aufmerksamkeit, Reaktionsgeschwindigkeit.</li> </ul> </li> </ol>
---	--
- IV. Veränderungen der (echten) Arbeitsleistung.
  - Fraktionierung (Analyse der Arbeitskurve).

Zuerst die rein physiologischen. Da haben wir an der ersten Stelle die chemische Veränderung im Blutkreislauf. So hat man z. B. in der Ermüdung eine Veränderung des Blutzuckergehaltes, des Harnsäurespiegels und des gesamten Stickstoffgehaltes festgestellt. Weiter soll die Blutkonzentration mit der Ermüdung zunehmen. Theoretisch interessant ist die von Liebermann festgestellte Resistenzänderung der roten Blutkörperchen im Ermüdungszustand. Aber nur theoretisch. Keine von diesen Blutproben läßt sich ohne ein teures physiologisches Laboratorium und vor allem ohne Blutentnahme durchführen. Damit ist aber über ihren praktischen Wert in der Werkstatt entschieden.

Etwas anders ist die Situation bei der nächsten Gruppe, bei der mechanischen Veränderung des Blutkreislaufes. Der Blutdruck und die Pulsfrequenz lassen sich unter Umständen auch in der Werkstatt messen, wenn sie auch nicht alle, von uns für die Brauchbarkeit der Ermüdungsproben aufgestellten Bedingungen erfüllen. So bieten z. B. die folgenden aus meiner Untersuchung der Einpackerinnen einer Zigarettenfabrik stammenden Blutdruckkurven (s. Abb. 1) auf den ersten Blick ein ziemlich trostloses Bild. Im Durchschnitt scheinen sie aber doch bestimmte Hinweise zu bringen. Dabei sprechen meine Erfahrungen dafür, daß man beim Blutdruck zwei Momente auseinanderhalten muß. Erstens die Höhe des Blutdruckes als ein Ausdruck des allgemeinen somatischen Be-

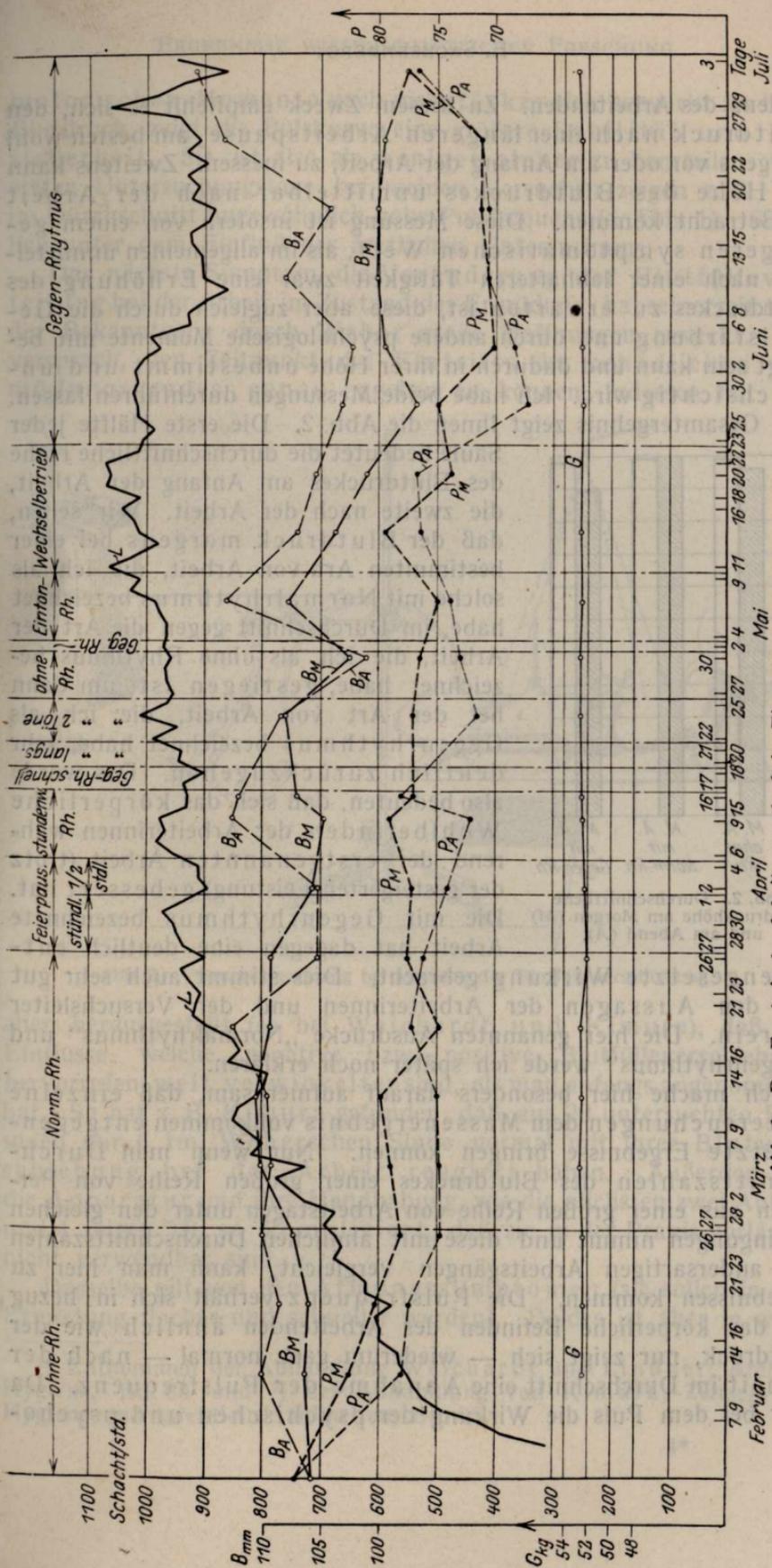


Abb. 1. Das Ergebnis der Arbeitsversuche beim Einpacken von Zigaretenschachteln. (L = Leistungskurve,  $B_M$  = Blutdruck am Morgen,  $B_A$  = Blutdruck am Abend,  $P_M$  = Puls am Morgen,  $P_A$  = Puls am Abend.)

findens des Arbeitenden. Zu diesem Zweck empfiehlt es sich, den Blutdruck nach einer längeren Arbeitspause, am besten wohl morgens vor oder am Anfang der Arbeit, zu messen. Zweitens kann die Höhe des Blutdruckes unmittelbar nach der Arbeit in Betracht kommen. Diese Messung ist insofern von einem geringeren symptomatischen Wert, als im allgemeinen unmittelbar nach einer lebhafteren Tätigkeit zwar eine Erhöhung des Blutdruckes zu erwarten ist, diese aber zugleich durch die Gefühlsfärbung und durch andere psychologische Momente mit bedingt sein kann und dadurch in ihrer Höhe unbestimmt und undurchsichtig wird. Ich habe beide Messungen durchführen lassen. Das Gesamtergebnis zeigt Ihnen die Abb. 2. Die erste Hälfte jeder

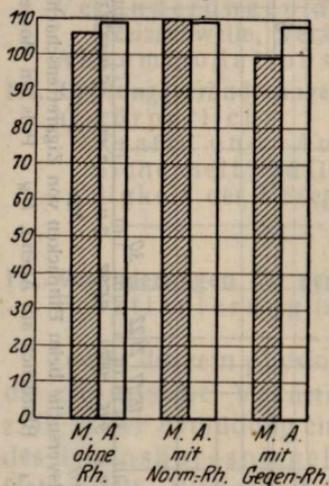


Abb. 2. Durchschnittliche Blutdruckhöhe am Morgen (M) und am Abend (A).

Säule bedeutet die durchschnittliche Höhe des Blutdruckes am Anfang der Arbeit, die zweite nach der Arbeit. Wir sehen, daß der Blutdruck morgens bei einer bestimmten Art von Arbeit, die ich als solche mit Normalrhythmus bezeichnet habe, im Durchschnitt gegen die Art der Arbeit, die ich als ohne Rhythmus bezeichnet habe, gestiegen ist, um dann bei der Art von Arbeit, die ich als Gegenrhythmus bezeichnet habe, sehr deutlich zurückzugehen. Das würde also bedeuten, daß sich das körperliche Wohlbefinden der Arbeiterinnen während der erstgenannten Arbeit (trotz der gesteigerten Leistung) gebessert hat. Die mit Gegenrhythmus bezeichnete Arbeit hat dagegen eine deutlich ent-

gegengesetzte Wirkung gebracht. Dies stimmt auch sehr gut mit den Aussagen der Arbeiterinnen und der Versuchsleiter überein. Die hier genannten Ausdrücke „Normalrhythmus“ und „Gegenrhythmus“ werde ich später noch erklären.

Ich mache hier besonders darauf aufmerksam, daß einzelne Untersuchungen dem Massenergebnis vollkommen entgegengesetzte Ergebnisse bringen können. Nur wenn man Durchschnittszahlen des Blutdruckes einer großen Reihe von Personen aus einer großen Reihe von Arbeitstagen unter den gleichen Bedingungen nimmt und diese mit ähnlichen Durchschnittszahlen aus andersartigen Arbeitsgängen vergleicht, kann man hier zu Ergebnissen kommen. Die Pulsfrequenz verhält sich in bezug auf das körperliche Befinden des Arbeitenden ähnlich wie der Blutdruck, nur zeigt sich — wiederum ganz normal — nach der Arbeit im Durchschnitt eine Abnahme der Pulsfrequenz. Da aber bei dem Puls die Wirkung der psychischen und psycho-

motorischen Momente noch viel stärker sich auswirkt als beim Blutdruck, zeigt die Pulscurve eine größere Labilität und Unsicherheit. Sie ist also als weniger sicher zu beurteilen. Die ersten Untersuchungstage bei meinen Versuchen zeigen z. B. eine im Durchschnitt ungewöhnlich hohe Pulsfrequenz (s. Abb. 1). Sichtlich unter dem Einfluß der ärztlichen Untersuchung.

Das nächste Symptom, die Veränderung der Blutfülleverteilung bei der Arbeit im Zustand der Ermüdung, hat seinerzeit nach der Bekanntgabe durch Weber große Hoffnungen erweckt. Sie versprach, den Zeitpunkt des Eintritts des schädlichen Ermüdungsgrades genau angeben zu können, indessen hat sich

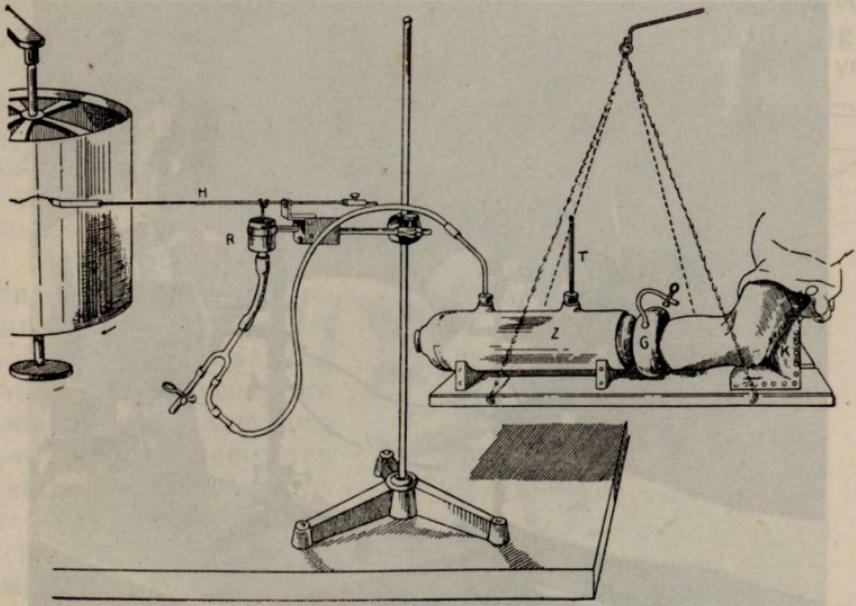


Abb. 3. Versuchsanordnung bei Messung der Blutfülerverschiebung.

aber herausgestellt (so bei Weichardt und Kimura), daß die Einflüsse, welche negative bzw. positive Blutfülerverschiebung hervorrufen, weit verwickelter sind, als man anfangs angenommen hat. So hat z. B. Kimura gefunden, daß aus 20 untersuchten Personen nur 6 im Weberschen Sinne normal mit ihrer Blutverschiebung bei der Arbeit reagiert haben. Außerdem ist die Apparatur und ihre Handhabung, wie die nächsten zwei Abb. 3 und 4 zeigen <sup>1)</sup><sup>2)</sup>, so kompliziert, daß sie in der Praxis vorläufig nicht verwendbar sind.

Dasselbe gilt von den Atmungssymptomen (sie sollen in der Ermüdung flacher und schneller werden). Beides ist aber in wei-

<sup>1)</sup> Entnommen der Abhandlung Weichardt und Lindner, Arch. f. Hygiene, Bd. 86 und <sup>2)</sup> der Abhandlung von Kimura, Zeitschr. f. Hygiene und Infektionskrankheiten, Bd. 98.

tem Umfange willkürlich und auch durch andere, sogar momentane Einflüsse stark beeinflussbar. Die Größe der Kohlendioxidabgabe der Ermüdung (nach Lehmann) ist sogar im Laboratorium nur schwierig feststellbar. Das Körpergewicht als Maßstab der Ermüdung muß sich selbstverständlich bei Einzelversuchen als viel zu grob und viel zu abhängig von vielen anderen Faktoren erweisen. Bei länger dauernden Massenversuchen kann es aber zu einem Anzeiger dauernder, anderweitig unmerkbarer Überanstrengung werden. So zeigte sich bei meinen Versuchen, daß Auspackerinnen, die dauernd besonders in Anspruch genommen

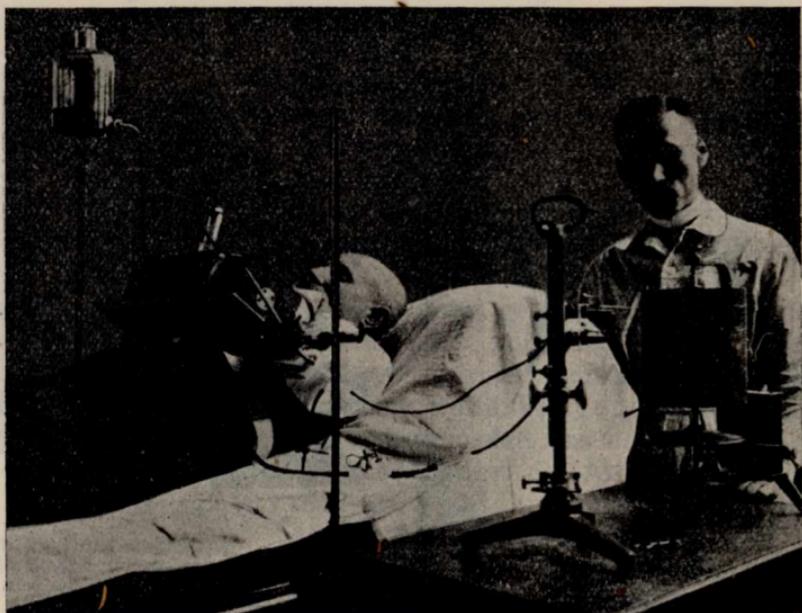


Abb. 4. Versuchsanordnung bei Messung der Blutfülleverschiebung.

waren, innerhalb 5 Monaten im Durchschnittsgewicht einige Kilo zurückgingen.

Der Temperaturänderung kommt nur eine theoretische Bedeutung zu.

Arbeitswissenschaftlich ist ein hoher Wert der Bestimmung des Gaswechsels (der Kalorimetrie) zuzusprechen. Sie bedeutet zwar keine direkte Messung der Ermüdung, hilft aber bei der Bestimmung des zulässigen Arbeitsquantums und des optimalen Wirkungsgrades der Arbeit. Sie bedarf, wie auch Atzler, einer der bedeutsamsten Forscher auf diesem Gebiet, hervorhebt, der Ermüdungsmessung als ihrer Ergänzung. Die direkte Anwendbarkeit in der Werkstatt möchte ich allerdings stark bezweifeln.

Als zweite Hauptgruppe folgen die psycho-physiologischen Ermüdungssymptome. Von diesen ist hauptsächlich die Herabsetzung der Sensibilität zu ihrer Feststellung benutzt worden. So hat eine Zeitlang die Raumschwelle für Simultanempfindungen der Haut, untersucht mit dem bekannten Ästhäsiometer von Griesbach, eine große Rolle gespielt (Abb. 5). Es hat sich aber herausgestellt, daß die Leistungsfähigkeit dieser Probe erheblich überschätzt wurde. Proben dieser Art kommen in der Werkstatt schon deshalb nicht in Frage, weil man, um nur gewissermaßen zuverlässige Angaben auf diesem Gebiete zu bekommen, jedesmal ganze Reihen von Versuchen anstellen muß, was sehr viel Zeit in Anspruch nimmt. Dasselbe gilt auch von den übrigen physiologischen Symptomen, so von der Veränderungs- und Unterschiedsempfindlichkeitsschwelle und auch von der Feststellung der Akkommodationsbreite und Akkommodationsgeschwindigkeit des Auges.

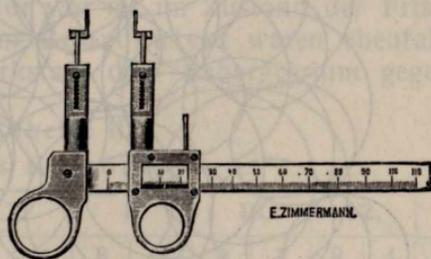
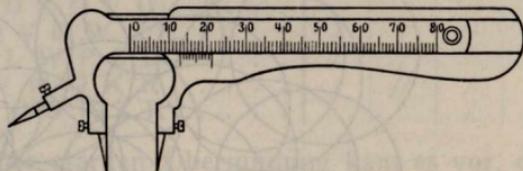


Abb. 5. Ästhäsiometer.

Damit sind wir zu den Ermüdungssymptomen, die sich in der Leistungsveränderung äußern, gekommen. Ich habe in meiner Aufteilung von der allgemeinen Leistungsveränderung die Veränderung der echten Arbeitsleistung getrennt angeführt. Das

hat seinen guten Sinn und ist auch genetisch begründet. Das Ermüdungsproblem ist zuerst in den wissenschaftlichen Instituten untersucht worden. Die Versuchspersonen waren hauptsächlich Studenten. Die erste Anwendung geschah in der Schule, um den Ermüdungswert der einzelnen Unterrichtsfächer usw. zu untersuchen. Also überall auf dem Gebiet der geistigen Arbeit, wo man die Größe der Leistung selbst nur schwer bestimmen konnte. Deshalb wurde vor und nach der eigentlichen Tätigkeit eine genau bestimmbare Arbeitsleistung eingeschaltet, um aus der inzwischen eingetretenen Abnahme der Leistung auf die Ermüdung schließen zu können. Ihren wissenschaftlichen und gewissermaßen künstlichen Ursprung verraten die einzelnen hierher gehörenden Proben auch dadurch, daß sie jedesmal möglichst nur auf eine isolierte Einzelfähigkeit des Menschen, sei es körperlicher, sei es psychischer Art, gerichtet sind. Um nun einige dieser Proben zu nennen, erwähne ich von den körper-

lichen den Dynamometer und das klassische Ermüdungsinstrument, den Ergographen. Von den psychischen das Auswendiglernen von sinnlosen Silben und einstelligen Zahlenreihen, verschiedene Methoden des Wiedererkennens und dann das Messen der Assoziationsfähigkeit und Geschwindigkeit. Der Bourdontest, das fortlaufende Addieren von Kraepelin, weiter der Kombinationstest von Ebbinghaus gehören auch hierher. Die Messung der Reaktionsgeschwindigkeit kann man unter Umständen auch hier unterbringen. Manche von diesen Proben hat an dem gleichgearteten Material der physiologischen und psychologischen Laboratorien ganz gute Resultate gezeigt. In die Praxis übertragen, so z. B. schon in der Schule, versagen

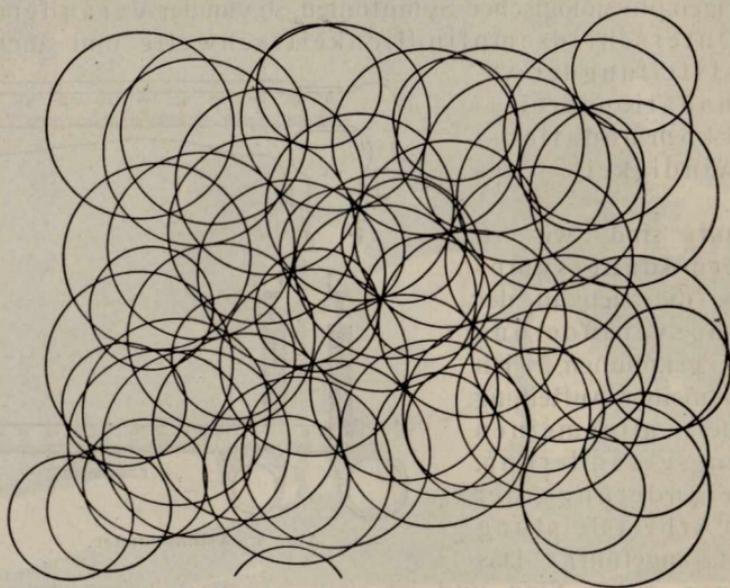


Abb. 6. Kreisgewirr.

sie nur allzuoft. Sie bedeuten nämlich dem Prüfling gegenüber immer ein heterogenes Gebiet der Betätigung und bringen deshalb eine starke Anregung mit sich, die im Bunde mit der psychomotorischen Erregung nach einer lebhafteren Tätigkeit, so etwa in der Werkstatt, den wahren Wert der Ermüdung sehr leicht verdecken. (Dieses Ergebnis liegt übrigens durchaus in der Linie meiner Erfahrungen mit dem Wechselbetrieb.) In der Werkstatt tritt noch die Verschiedenartigkeit des Menschenmaterials in bezug auf die allgemeine Bildung, weiter die Willigkeit sich längere Zeit ähnlichen Proben zu unterziehen, hinzu. Ich selbst habe bei den Versuchen, von denen ich gleich berichten werde, die Sicherheit einer intendierten Handbewegung, den Bourdontest in akustischer Form (Vorschlag von W. Blumenfeld) und eine Art Aufmerksamkeitstest angewandt. Bei dem

letzten handelte es sich darum, aus einem Kreisgewirr die Kreise gleicher Größe herauszusuchen (Abb. 6). Nach mehrwöchigen Versuchen mit diesem Test mußte ich aber feststellen, daß hierbei durch die Menge der Fehler ein Maß für die Ermüdung nicht ge-

Tabelle II.  
Bourdontest. Das Schema.

	a	l	o	p
A F I J L R Z K O Q V W X P G . . . . .	/	/	/	/
D G M F J R K Q W P D M A I L . . . . .	/	/	/	/
Z O V X C G L O F G D C P W L . . . . .		//	//	/
R Z K A Q M G D C X W O V Q . . . . .	/		/	
V W X P C D G M F J R K Q W P . . . . .				//
D M A I L D C P W L R J Z K A . . . . .	//	//		/
Q M G D C X W O V Q A F I J L . . . . .	/	/	/	
R Z K O Q Z O V X C G L O F G . . . . .		/	//	
C X V O Z L J I F A Q V O W X . . . . .	/	/	//	
C D G M Q A K Z J R L W P C D . . . . .	/	/	/	/
G F O L D L I A M D P W Q K R . . . . .	/	//	/	/
J F M G D C P X W V Q O K Z R . . . . .			/	/

geben war. Selbst bei einer starken Übermüdung kam es vor, daß dann die Fehlerzahl kleiner war als im Zustand der Frische.

Die Erfahrungen mit dem Bourdontest waren ebenfalls für die Andersartigkeit der Werkstatt dem Laboratorium gegenüber

Tabelle III.  
Das Ergebnis.

Tag	5.		6.		7.		8.		10.		12.		13.	
Stunde	8	4	8	4	8	4	8	4	8	1	8	4	8	4
Vp. 1	6	0	1	3	10	4	1	6	5	7				
Vp. 2									14	11				
Vp. 3	18	3	7	8	11	20	13	8	12	11				
Vp. 4		5	3	1	4	4	10	13	6	2				
Vp. 5	8	4	5	1	9	9	6	7	7	11				
Vp. 6	6	3	1	3	5	3	14	6	5	5				
Vp. 7	∞	21	14	6	9	6	11	18	23	19				
Vp. 8	∞	5	5	7	8	7	4	7	1	7				
Vp. 9	12	3	2	3	8	5	1	3	3	1				
Vp. 10			13	10	10	4	16	18	10					
Vp. 11	12		4	1	7	1	7	5	0	4				
Vp. 12				1	4	1	2	2	4	1				
Vp. 13		10	5	7	10	9	16	11	15	10				
Vp. 14	15	5	4	6	14	12	8							
Vp. 15	10	7	5											

sehr bezeichnend. Ich habe ihn in der akustischen Form benutzt. Zu diesem Zweck wurden 300 Buchstaben in dem Tempo ein Buchstabe pro Sekunde vorgelesen. Die Arbeiterinnen sollten nun bei bestimmten Buchstaben in vorgesehene Fächer jedesmal

einen Strich machen. Der Versuch dauerte 5 Minuten und es konnten sämtliche Versuchspersonen auf einmal untersucht

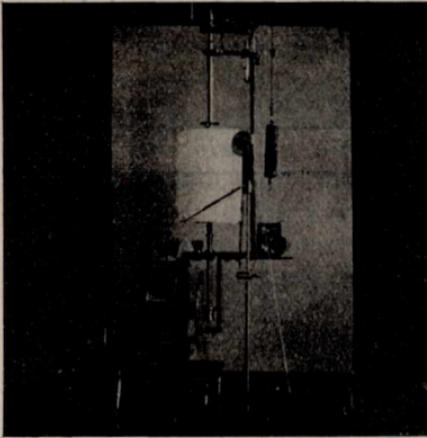


Abb. 7. Die Versuchsanordnung zur Feststellung der Bewegungssicherheit bei intenderter Handbewegung (Bühler-Sachsenberg).

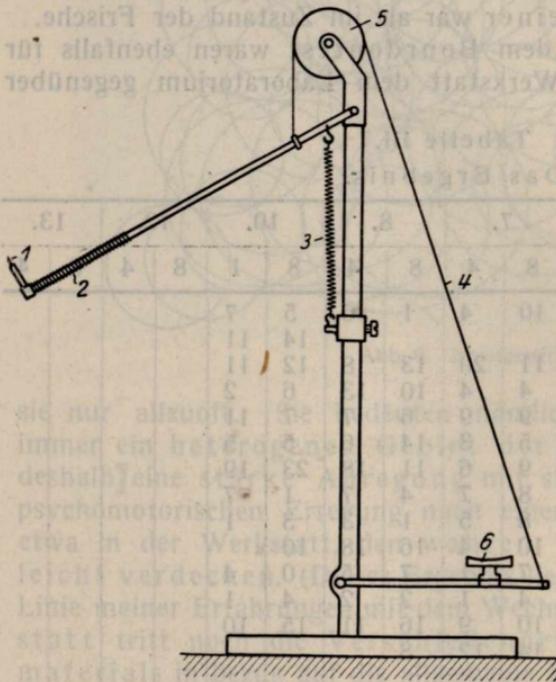


Abb. 8. Schreibzeiger zu dem Bühler-Sachsenbergschen Apparat.

werden. Die Zahl der kritischen Buchstaben blieb immer die gleiche, die Buchstabenfolge selbst wechselte von Tag zu Tag. In der Tabelle II sind eine Anzahl vorgelesener Buchstaben abgedruckt und rechts daneben gleich das Schema der anzustreichenden Buchstaben. Die umstehende Tabelle III zeigt die Anzahl der Fehler der einzelnen Versuchspersonen an den verschiedenen Tagen. Sie zeigt, daß bei unseren Versuchsbedingungen mit einem derartigen Test nichts anzufangen war, weil die notwendige Konzentration und Lust zum Versuchen sehr schnell verloren-

ging. Mehr Erfolg hatte ich mit der Handsicherheitsprobe erzielt. Sie geht auf eine Anregung von Prof. Bühler zurück. Wie aus der Abb. 7 ersichtlich, habe ich auf die Rolle eines elektrisch angetriebenen Kymographions einen Papierstreifen angeheftet, auf dem in langsamer Steigung eine zweigängige Schraubenlinie aufgezeichnet war. Jeder dieser zwei Gänge setzte unten auf der Trommel an und lief in mehrfachen Windungen bis zur oberen Kante der Trommel. Vor der

auf einen Knopf gegen den Widerstand der Zugfeder entgegen dem Widerstand des Zeigergewichtes heben. Kleine Druckdifferenzen auf dem Knopf ergaben bereits große Zeigerschwankungen. Die Versuchspersonen bekamen nun die Aufgabe, den Zeiger durch Fingerdruck auf den Knopf so einzustellen, daß er genau auf eine der Schraubenlinien zeigte und bei der Drehung der Trommel diese verfolgte. Die Aufnahmekurven zeigt die Abb. 9. Hierbei wurde die erste Kurve als Übungskurve bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Die nächste Abb. 10 zeigt das arithmetische Mittel der Auswertung sämtlicher Zitterkurven an den einzelnen Tagen. Leider mußten die Untersuchungen eine Zeitlang ausgesetzt werden wegen einer unerwarteten Störung. Aus der Abbildung ist folgendes zu ersehen: Die Anzahl der in den Zitterkurven nachweisbaren Schwingungen hat sich während der ganzen Versuchsdauer nur ganz wenig verändert. Nur während der Zeit des Normalrhythmus scheint sie um eine Kleinigkeit geringer zu sein. Die Ausschlaghöhe der Schwingungen wies gewaltige Unterschiede auf. Während der ersten Zeit, in der die Arbeit noch nicht ins Unterbewußtsein eingegangen war und die Versuchspersonen sich stark anstrengen mußten, ist die Ausschlaghöhe ziemlich bedeutend. Sobald der Normalrhythmus gegeben wird, sinkt sie wesentlich und bleibt auch später niedrig. Bei den verschiedenen Versuchen mit dem Gegenrhythmus steigt sie dann wieder deutlich an. Besondere Unterschiede zwischen morgens und abends kann man in den Zitterkurven nicht feststellen. Es scheint also, daß diese Probe nur

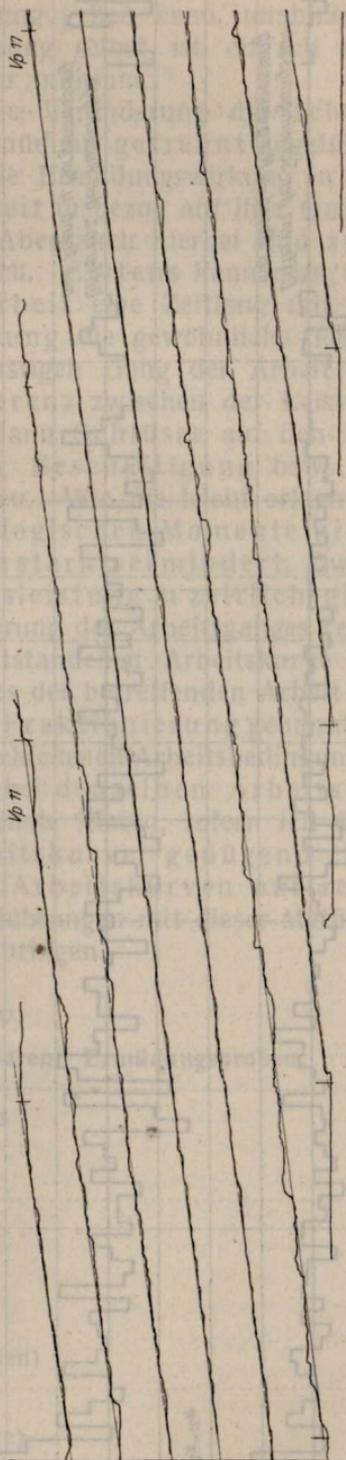


Abb. 9. Originalaufnahme der Zitterkurve (Maßstab 1:5).

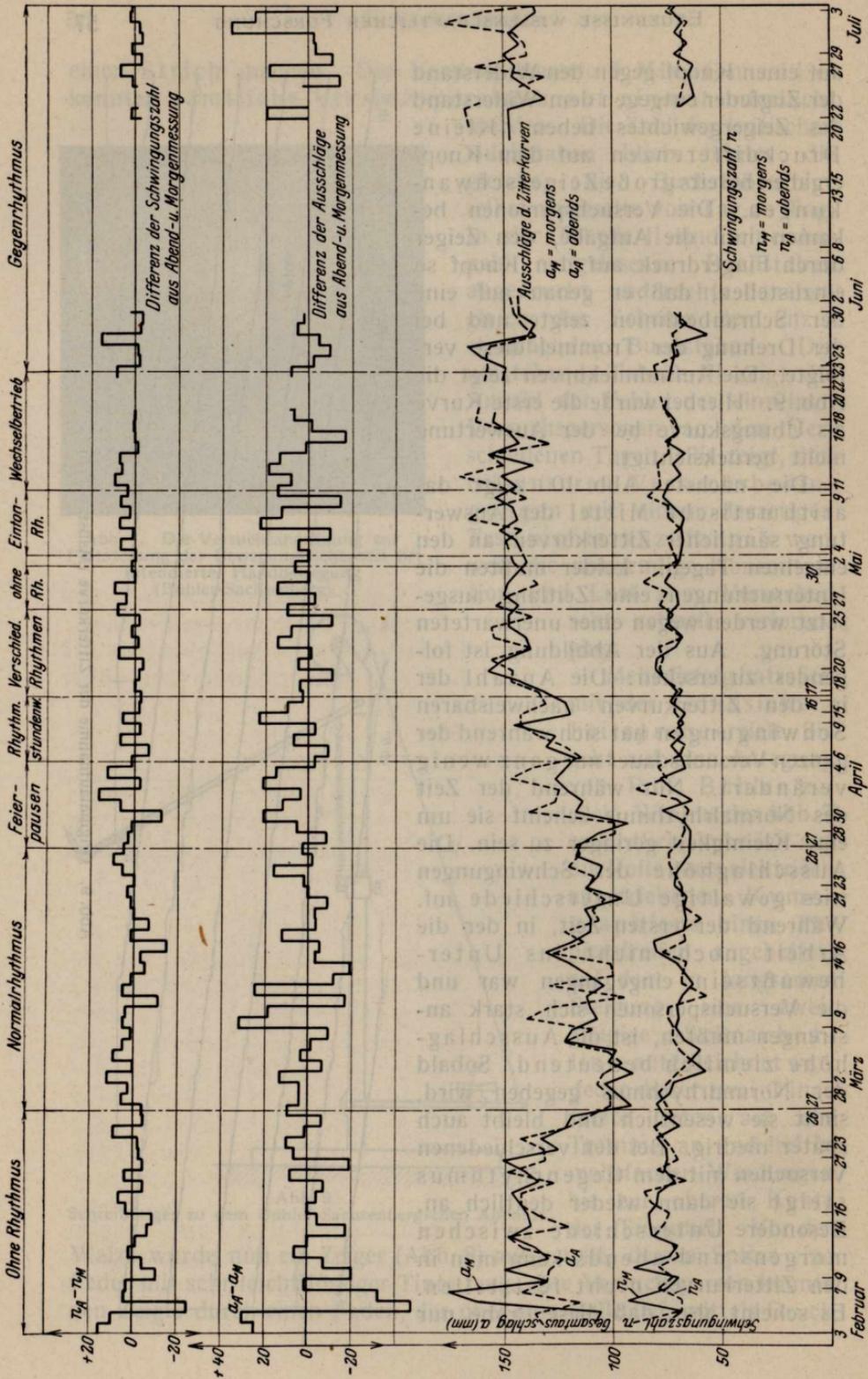


Abb. 10. Das Ergebnis der Zitterkurven-Auswertung.

ein allgemeines Bild über die Ermüdung geben kann, unabhängig von der Tagesermüdung. Untersuchung selbst ist einfach und schnell, die Auswertung allerdings sehr mühsam.

Wie schon erwähnt, habe ich die Veränderung der echten Arbeitleistung im Zustand der Ermüdung getrennt angeführt. Bei dieser handelt es sich darum, die Ermüdungswirkung in der Veränderung der täglichen Arbeit in bezug auf ihre Quantität und Qualität festzustellen. Aber auch hierbei sind zwei methodisch verschiedene Wege möglich. Erstens kann man vor und nach der eigentlichen Tagesarbeit eine Zeitlang mit der Aufforderung zur Maximalleistung die gewöhnliche Tagesarbeit verrichten lassen und den sonstigen Gang der Arbeit unberücksichtigt lassen. Aus der Differenz zwischen der Leistung vor und nach der Arbeit kann ich dann Schlüsse auf den Ermüdungswert der ausgeführten Beschäftigung bzw. der untersuchten Arbeitsbedingungen ziehen. Wie Sie leicht erkennen, sind auch hier die störenden psychologischen Momente nicht vollständig ausgeschaltet, wenn auch stark vermindert. Zweitens kann man die tägliche Arbeitsleistung in zeitlich gleichen Abständen und ohne jede Störung des Arbeitsganges feststellen und den Verlauf der so entstandenen Arbeitskurve zur Charakterisierung des Ermüdungswertes der betreffenden Arbeit benutzen. Diese Methode — ich habe sie Fraktionierung genannt — ist vor allem bei dem Vergleich von verschiedenen Arbeitsbedingungen sehr gut anwendbar. Aber auch bei denselben Arbeitsbedingungen kann sie wertvolle Dienste leisten, sofern ich über den Normalverlauf einer Arbeitskurve genügend Erfahrungen besitze und sofern ich die Arbeitskurven nur relativ miteinander vergleiche. Meine Erfahrungen mit dieser Methode will ich in größerem Zusammenhang bringen.

Tabelle IV.

Die in der Werkstatt „durchführbaren“ Ermüdungsproben.

physio- logische	Messung { des Körpergewichtes des Blutdruckes der Plusfrequenz
Leistungsteste	Ergograph Zitterkurven Gedächtnisproben Bourdon Kraepelin (fortlaufendes Rechnen)
echte Arbeits- leistung	Fraktionierung (Arbeitskurve)

Tabelle IV zeigt das Ergebnis unserer Nachprüfung der verschiedenen Ermüdungsproben vom Standpunkt des Wirtschaftspraktikers. Es sind diejenigen Proben zusammengestellt, die wir in der Werkstatt als durchführbar gefunden haben. Die unterstrichenen von ihnen habe ich in eigenen Versuchen angewandt. Mit welchem Erfolg habe ich soeben berichtet.

Bevor ich in meinem Thema fortfahre, möchte ich noch einen für die Praxis sehr wichtigen Anzeiger der Ermüdung erwähnen. Es ist die Stimmung und der unmittelbare Eindruck der Werkstatt. Die Ermüdung äußert sich hier vor allem in einer Neigung zur Ablenkung und durch allgemeine Arbeitsunlust. Die Arbeit wird nur sozusagen mit Selbstüberwindung verrichtet. Die Arbeiter sind gereizt und sichtlich erregt. In diesen Zusammenhang gehört noch eine Erscheinung, die besonders die Psychologen interessieren wird. Ich möchte sie Ermüdungsinduktion nennen; d. h. es ist nie so, daß nur ein Teil der Werkstatt ermüdet wäre und der andere frisch. Vielmehr bildet die Werkstatt ein Kollektiv, in dem sich weiter kleinere Gruppen von noch höherer gegenseitiger Abhängigkeit bilden und wo der Ermüdungszustand des einzelnen in erster Linie durch das gemeinsame Ermüdungsniveau bestimmt wird. Die praktischen Konsequenzen dieser Tatsache liegen auf der Hand.

Kehren wir nun zu unserem Ausgangspunkt zurück. Ich habe versucht, die wirtschaftliche Bedeutung der Ermüdung zu skizzieren und kam zu dem Ergebnis, daß ihr in der Werkstatt, soweit sie einen gewissen Grad übersteigt, als einem die Produktion schädigenden Faktor mit allen Mitteln entgegenzuwirken ist. Weiter habe ich die in der Werkstatt durchführbaren Ermüdungsproben auszusuchen versucht. Der eigentliche Weg zur Bekämpfung der Ermüdung muß je nach der Ursache der Ermüdung verschieden sein und kann erst nach genauer Analyse der Arbeitsart und der Arbeitsbedingungen bestimmt werden. Im allgemeinen wird er wohl auf der Linie der Arbeitsrationalisierung nach dem Gesichtspunkte der größten Leistung bei der kleinsten Ermüdung liegen. Sehr viel kann in dieser Richtung auch durch die richtige, den individuellen Anlagen entsprechende Auslese der Arbeitskräfte getan werden. Weiter auch durch die Anpassung der Maschine an den Menschen und umgekehrt durch gründliche Anlernung des Arbeiters. So ist z. B. bekannt, daß bei einem geübten Arbeiter der Energieumsatz bei der Arbeit wesentlich geringer ist.

Im Einklang mit der sich immer deutlicher und bestimmter durchsetzenden Erkenntnis, daß die Ermüdung zuerst eine Ermüdung des Zentralnervensystems ist, wobei die Muskeln noch selbst durchaus leistungsfähig bleiben können, ist für die Entlastung des Nervensystems bei der Arbeit zu sorgen. Gerade

auf dieser letzten Erkenntnis fußend habe ich mir vorgenommen, die Wirkung der Arbeitsrhythmisierung zu untersuchen. Im allgemeinen ist in der industriellen Produktion der freie Rhythmus der Arbeit einem Zwang seitens der Maschine gewichen. Durch die neueren Arbeitsarten, so z. B. durch die Arbeit am Wandertisch, ergibt sich die Möglichkeit, den Rhythmus in die Fabrik wieder einzuführen. Bevor wir dies aber tun, ist es angebracht, die Einwirkung einer rhythmisch gegliederten Arbeit auf den Menschen, d. h. auf seine Arbeitsleistung, seine Ermüdung und sein Wohlbefinden eingehend zu untersuchen. Ich habe deshalb bereits am Ende des Jahres 1923, jedoch nur in sehr kurzer Form und mit verhältnismäßig wenig Kräften, die ersten Versuche dieser Art unternommen. Die Ergebnisse sind im 1. Band der A. A. d. L. f. B. veröffentlicht worden. Sie gaben zwar Andeutungen verschiedener Richtung, aber wegen Mangel an Mitteln war es mir damals nicht möglich, die Versuche soweit durchzuführen, daß einwandfreie Schlußfolgerungen gezogen werden konnten. Im Frühjahr 1925 war es mir möglich, die seinerzeit abgebrochenen Versuche wieder fortzusetzen.

Als Arbeitsvorgang habe ich in beiden Fällen das Einpacken von Zigarettenkästchen gewählt. Diese Arbeit ist in mehrere Glieder teilbar und läßt sich also entsprechend durch einen mehrgliedrigen Rhythmus begleiten. Insgesamt sind diese Versuche mit 25 Arbeiterinnen im Alter von 18—25 Jahren durchgeführt worden.

Die ganze Fragestellung dabei habe ich eigentlich schon angedeutet. Präzis formuliert lautet sie: Welche Wirkung wird auf den Arbeitsprozeß, insbesondere auf die Leistung, weiter auf das Befinden und die Ermüdbarkeit der Arbeiter durch eine Begleitung des Arbeitsvorganges durch rhythmische Reize ausgeübt. Zur Beantwortung dieser Frage habe ich folgendes Arbeitsprogramm aufgestellt:

1. Zuerst wurden sämtliche Einpackerinnen so lange in der Packarbeit geübt, bis sich kein wesentlicher Fortschritt mehr zeigte.
2. Nachdem sämtliche Arbeiterinnen genügend eingearbeitet waren (mindestens dem Anschein nach), habe ich versucht, durch eine in den Vorversuchen festgelegte und den einzelnen Griffelementen der Arbeit angepaßte rhythmische Tonreihe den Arbeiterinnen einen Arbeitsreiz zu geben.
3. Nachdem soviel Versuche dieser Art verstrichen waren, daß die Wirkung des Rhythmus feststand, habe ich mehrere Versuchsreihen zur Feststellung der Einwirkung anderer, teils arbeitshemmenden, teils arbeitsfördernden Bedingungen unternommen. Auf diese Versuche kann ich hier wegen Zeitmangel nicht näher eingehen.
4. Zuletzt habe ich die Wirkung einer der Arbeit nicht angepaßten, sondern absichtlich störenden Tonreihe untersucht. Ich ließ hierbei den akustischen Tonreiz abwechselnd sehr langsam und

sehr schnell geben. Ich nenne diese Arbeitsweise Arbeiten im Gegenrhythmus.

Das Ergebnis meiner Versuche will ich Ihnen zuerst an der Arbeitsleistung zeigen. Die durchgezogene Kurve auf der Abb. 1 zeigt die durchschnittliche Leistung pro Stunde. Vom 5. bis zum 26. Februar wurde zunächst ohne Rhythmus gearbeitet. Es zeigt sich hier ein scharfer Übungsanstieg von etwa 300 bis zu 680 Kästen/Stunde. Zum Ende macht die Kurve den Eindruck, als ob stärkere Übungsfortschritte nicht mehr zu erwarten wären. Es stellte sich allerdings später heraus, daß das Ende der Übung noch nicht erreicht war. Am 27. Februar wurde in der früher beschrie-

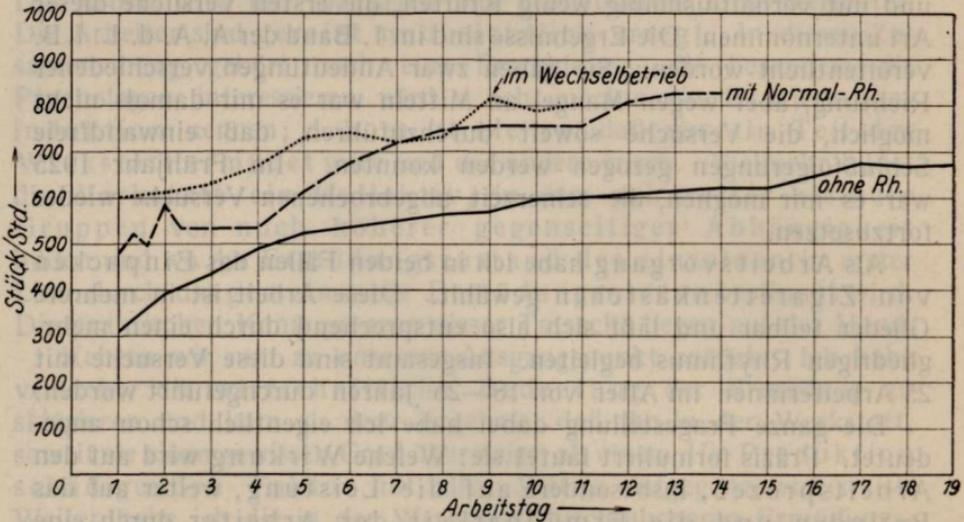


Abb. 11. Das Anlernen ohne und mit Rhythmus.

benen Weise der akustische Tonreiz eingesetzt. Dieser — ich nenne es Normalrhythmus — wurde zunächst mit einer Geschwindigkeit von 750 Abfolgen pro Stunde eingesetzt und langsam auf 800 hochgezogen. Diese Arbeitsmethode wurde bis zum 26. März durchgeführt. Man sieht, wie sich die Arbeiterinnen dem Rhythmus in ihrer Leistung angeschlossen haben. Die Kurve zeigt ein deutliches Ansteigen der Leistung. Ich glaube, daß die Übungshöhe, welche hier bereits durch den Normalrhythmus erreicht worden ist, ohne diesen überhaupt nicht zu erreichen wäre. In dieser Überzeugung bin ich durch meine späteren Versuche bestärkt worden, die eine deutliche Überlegenheit der Anlernung beim rhythmischen Reiz gezeigt haben (Abb. 11).

In ihrem weiteren Verlauf zeigt die Leistungskurve die Wirkung von Feerpausen, den Einfluß von anders geformten rhythmischen Reizen und die Wirkung des Wechselbetriebes.

Schließlich kommen wir zu den Versuchen mit Gegenrhythmus. Die Leistungskurve zeigt zwar gegen den Wechselbetrieb ein deut-

liches Absinken. Immerhin bleibt die Leistung eine Zeitlang sehr gleichmäßig und reichlich hoch. Die Beobachtung der Werkstatt ergab dabei, daß die Arbeiterinnen sich alle Mühe gaben, ihre Arbeit richtig durchzuführen. Sie haben sich auf diese sehr stark konzentriert. Die Werkstattstimmung wurde allerdings von Tag zu Tag schlechter. Diese gleichmäßige Leistung ließ dann plötzlich sehr stark nach und blieb auch in der niedrigen Lage. Durch den Gegenrhythmus wurde also augenscheinlich die Leistung nach einer gewissen Laufzeit energisch gedrückt. Den eigentümlichen Verlauf der Leistungskurve bei diesen Versuchen möchte ich folgendermaßen erklären. Es handelt sich hierbei um Arbeiterinnen, bei denen die Arbeitsbewegungen schon unterbewußt durchgeführt wurden und eine bewußte Steuerung durch das Oberbewußtsein nicht mehr nötig war. Das Oberbewußtsein wurde dadurch frei. Es war in der Lage, gegenrhythmische Reize abzuwehren und wurde auch hierzu benutzt. Das zeigt sich darin, daß sofort nach Einsetzen des Gegenrhythmus die Gespräche zurückgingen, Gesang kaum noch einsetzte und jeder sich eifrig auf seine Arbeit konzentrierte. Diese Abschirmung gelang allerdings nur eine kurze Zeit. Plötzlich war für die Mehrheit der Versuchspersonen die Abwehr gegen den störenden Einfluß des Gegenrhythmus durchbrochen. Das Oberbewußtsein hielt die dauernde Störung nicht mehr aus und die Arbeitsleistung sank folgerichtig. Der arbeitshemmenden Wirkung des Gegenrhythmus scheint noch das zu widersprechen, daß die Leistungskurve im Durchschnitt noch verhältnismäßig hoch liegt. Sie muß allerdings nur in ihrer relativen Höhe gewertet werden, weil noch mit einem sehr hohen Übungsfaktor gerechnet werden muß. Die Übung, selbst bei dieser einfachen Arbeit, dauert eben sehr viel länger, als man sonst anzunehmen pflegt.

Die Leistungskurve läßt also keinen Zweifel daran, daß eine rhythmische Begleitung des Arbeitsvorganges die Übungsfähigkeit und auch die Arbeit selbst gewaltig hebt. Sie würde also die erste Hälfte des kategorischen Imperativs der modernen Produktionsweise — große Leistung bei geringer Ermüdung — durchaus erfüllen. Wie ist es aber mit dem Verlangen nach einer Ermüdungsverringerung? War die nachgewiesene Leistungsvergrößerung auch mit einer stärkeren Ermüdung verbunden? An sich wäre es durchaus möglich, daß der Rhythmus teilweise auch bei erhöhter Ermüdung eine Steigerung der Leistung hervorrufen könnte. Es ist ja bekannt, daß der Rhythmus anregend wirkt. Durch die Anregung konnte das subjektive Ermüdungsgefühl überdeckt werden. Es lag mir deshalb sehr viel daran, die objektive Lage der Ermüdung festzustellen.

Zu diesem Zweck habe ich die schon erwähnten Ermüdungsmessungen vorgenommen. Über das Ergebnis habe ich schon teil-

weise berichtet. Es ist nur noch in der Richtung auf die Analyse der Tagesleistung zu ergänzen. Ich habe während der achtstündigen Arbeit neun Ablesungen des gepackten Materials vornehmen lassen. Bei einer vollständig gleichmäßigen Arbeitsleistung müßten auf jede Ablesung 11,1 vH der Tagesleistungen entfallen. Das ist aber, wie die Abb. 12 zeigt, keineswegs der Fall. (Dabei ist die Mehrleistung schraffiert über, die Minderleistung schwarz unter der durchgezogenen durchschnittlichen 11,1-Linie gezeichnet.) Die erste Stunde zeigte in allen drei Fällen eine unterdurchschnittliche Leistung. Bei der Arbeit ohne Rhythmus und mit

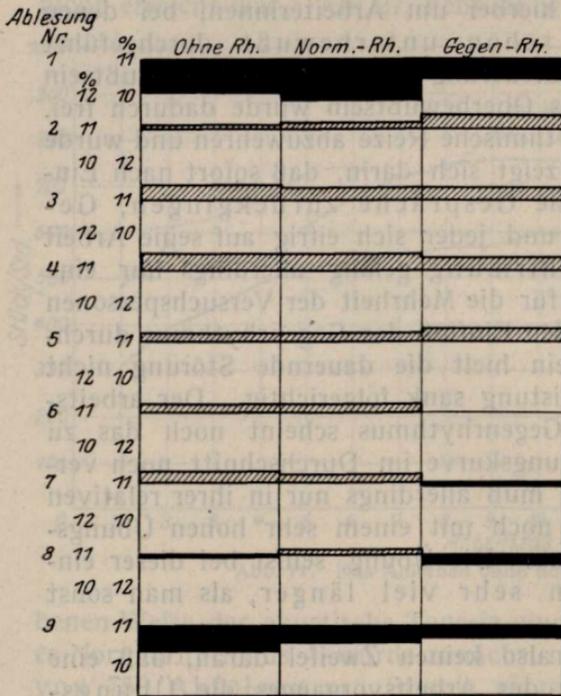


Abb. 12.

Das Ergebnis der Fraktionierung der Arbeitskurven.

Normalrhythmus eigentlich noch deutlicher als bei Gegenrhythmus. Dieses ist wohl auf die schon erwähnte Konzentration bei der Arbeit mit Gegenrhythmus zurückzuführen. Die Stundenleistung erholt sich schnell und erreicht in der dritten, vierten und fünften Stunde ihr Maximum. Die letzten Stunden sind nun sehr bezeichnend. Wir sehen bei der Arbeit ohne Rhythmus schon bei der achten Ablesung eine deutliche Minusleistung, bei dem Normalrhythmus ist dagegen trotz der vermehrten absoluten Leistung in der vorletzten Ablesung noch eine, wenn auch geringe Plusleistung zu verzeichnen.

Bei der Arbeit im Gegenrhythmus fängt die Minusleistung schon bei der sechsten Ablesung an und dauert, ständig zunehmend, bis zum Schluß der Arbeitszeit. Also, die immerhin noch bedeutsame Leistung bei dem Gegenrhythmus ist in den ersten Stunden des Tages entstanden während nachher ein deutlicher Leistungsabfall festzustellen ist. Die Fraktionierung der Arbeitsleistung bringt also den Schluß nahe, daß eine Ermüdung eingetreten ist etwa proportional dem Leistungsabfall nach fortschreitender Tagesarbeit. Hierbei zeigt sich der Normalrhythmus als besonders günstig, die Arbeit im Gegenrhythmus dagegen als besonders ungünstig.

Nach den Erfahrungen, die ich mit der Methode der Fraktionierung gesammelt habe, erfüllt diese in hohem Maß fast alle, von uns am Anfang dieses Vortrages an die in der Praxis brauchbaren Ermüdungsproben gestellten Bedingungen. Sie ist einfach in der Handhabung, rasch und auch zuverlässig, erfordert entweder keine oder nur sehr wenige Hilfsmittel. Von dem Willen des Arbeiters ist sie zwar nicht vollständig unabhängig, doch ist die Abhängigkeit eine wesentlich andere als bei den übrigen Proben. Der Arbeiter kann wohl erklären, daß er sich nicht untersuchen lassen will, er kann aber keineswegs die Arbeit selbst verweigern. Eine Störung des Arbeitsganges ist vollständig ausgeschlossen. Sie kann ohne weiteres als Massenprüfung durchgeführt und über beliebig lange Zeit ausgedehnt werden. Eine unwissentliche Durchführung ist durchaus möglich. Ich kann also diese Methode durchaus zur Feststellung der Ermüdung empfehlen.



## Kurze Referate.

### Bewegungsstudie und Ermüdung.

Von Medizinalrat Dr. L. ASCHER, Kreisarzt, Frankfurt a. M.

Mit 8 Textabbildungen.

Diejenigen von Ihnen, welche uns vor einem Jahre in Essen die Ehre Ihrer Anwesenheit schenkten, werden sich des Filmes erinnern, den mein Mitarbeiter, Dr. Brieger, und ich Ihnen vorzeigten und dabei auch jener beiden Mädchen, welche Federn für einen elektrischen Lichtschalter zusammenzudrücken hatten. Die



Abb. 1.

nebenstehende Abbildung (Abb. 1) ruft Ihnen dieses Bild in Erinnerung. Sie sehen hier zwei Mädchen, welche auf einem Tisch Federn vor sich liegen haben, um sie über einen Dorn zusammenzubringen. Die eine, die geschicktere, macht flache, rasche Be-

wegungen; die andere langsamere, unter Mitbewegung des Kopfes und der Schultern, welche zwecklos sind. Die letztere hat eine Minderleistung gegenüber der anderen von 50 vH; aber ihre Bewegungen gaben mir Anlaß, den Fehlern nachzuspüren, welche sie bei ihrer Arbeit macht. Hierbei stellte sich heraus, daß es besonders das Aufnehmen des Materials von dem Tisch ist, bei dem ein größerer Zeitverlust zu verzeichnen ist. Ferner geht nicht geringe Kraft bei statischer (Halte-) Arbeit verloren, beides Momente



Abb. 2.

welche Veranlassung gaben, eine andere Anordnung der Arbeit zu empfehlen. Auf unseren Vorschlag wurde das Material hoch gelegt und auf einer ziemlich steilen Rutsche zum Herabfließen gebracht (s. Abb. 2). Außerdem wurden, um die ermüdende statische Arbeit einzuschränken, zwei schräge Stützen angebracht, auf denen die Arme ruhen konnten. Das Ergebnis dieser Umänderung war ein doppeltes: 1. erklärten spontan die Mädchen, am Abend nicht mehr müde zu sein, und 2. konnte eine nicht unbeträchtliche Erhöhung der Leistung festgestellt werden. Dieses erfreuliche Ergebnis gab Veranlassung, nun in einer Berufsschule Frankfurts, in der sehr viel freihändige, also wiederum ermüdende Arbeit gelehrt wurde, Stützen

einzuführen, die mit Hilfe eines für derartige Arbeiten interessierten Lehrers angefertigt wurden. Sie bestanden aus einer einfachen Blech-

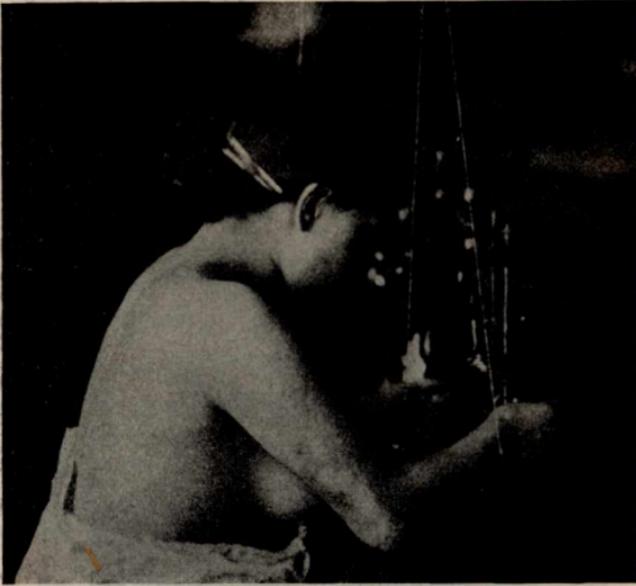


Abb. 3.

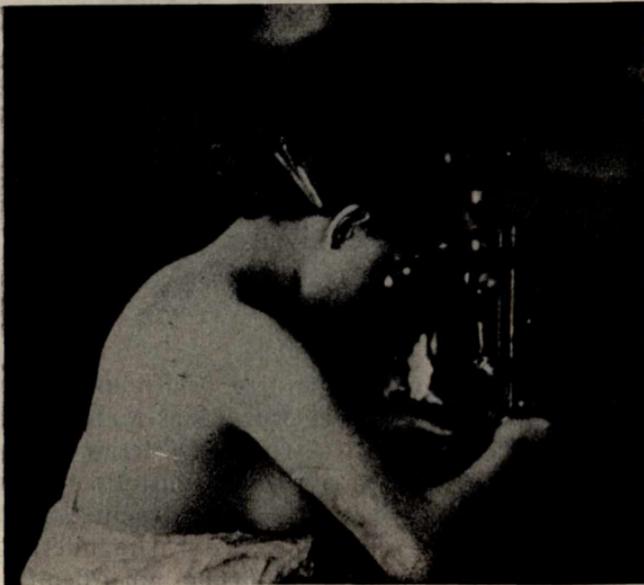


Abb. 4.

mulde, auf der der Vorderarm ruht. Diese Mulde ist zunächst als bewegliche, am Stuhl angebrachte, eiserne Stütze konstruiert worden. Die Arbeit, die hier unterstützt wurde, ist Stepparbeit an einer Schuh-



ihm die Last des Oberkörpers, d. h. etwa 40 vH des Gesamtkörpergewichtes, ruht, zeigte sich doch bei der Auswertung des Filmes in der von uns schon früher gezeigten Weise ein überraschendes

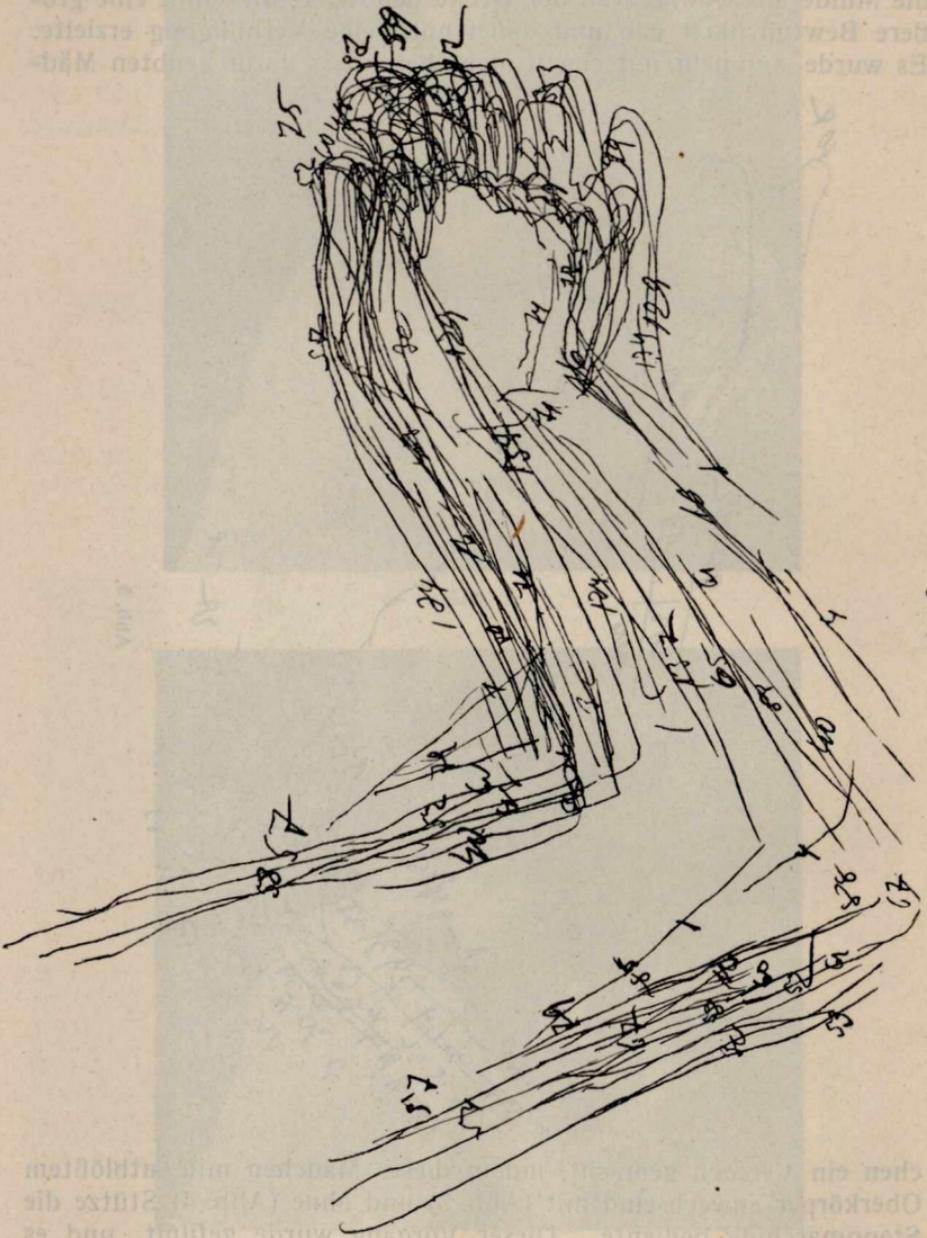


Abb. 6.

Ergebnis. Man sieht in Abb. 5, d. h. bei der „gestützten Arbeit“, eine außerordentlich leichte Arbeit, was in den wenigen Bewegungen während der etwa 140 Zeiteinheiten (je  $\frac{1}{16}$  Sekunde) zum Ausdruck kommt. Ganz anders ist die „ungestützte Arbeit“ (Abb. 6). Wir

sehen hier so viele Bewegungen, nicht nur des Armes, sondern auch der Hände, daß man ganz verblüfft ist von den vielen durcheinandergehenden Umrißzeichnungen der Finger, ein Zeichen für das ständige Zittern und Tanzen der Hände, eine Beobachtung, die überraschend und neu ist. Die Erklärung dafür, daß gerade die Hände und Finger dieses Zittern so lebhaft zeigen, ist darin zu suchen, daß die Muskeln des Oberarmes bei der freihändigen Arbeit den Vorderarm und die Hände tragen müssen. Hierbei kommen kleine Zuckungen zustande, weil die Schwerkraft den Vorderarm nach unten zieht, während die Muskeln des Oberarmes ihn nach oben ziehen sollen. Jede dieser kleinen Bewegungen überträgt sich auf den Vorderarm, der mit der Hand einen im Ellenbogengelenk sich drehenden Hebel von etwa 20 cm Länge darstellt und demzufolge die Bewegungen am freien Ende des Hebels sehr kräftig zum Ausschlagen bringt. Auch hier zeigt sich wieder die Unzweckmäßigkeit und Unwirtschaftlichkeit der Haltearbeit (statischen Arbeit).

Diese Beobachtung gab Anlaß zu der Erwägung, ob nicht schon in dem Handwerk und in den Fabrikbetrieben Stützen für die Arme vorhanden sind, da die Ermüdung des Arbeiters sicherlich dazu führen mußte, auf Abstellung dieser unzweckmäßigen Energieausgabe zu sinnen und zweitens die Arbeit exakter zu machen, weil, wie im Bilde zu sehen ist, das ständige Zittern der Hände sich unzweifelhaft auch bei feinerer Arbeit auswirken und diese ungenauer machen muß. Unsere bisherigen kurzen Untersuchungen ergaben nur eine einzige dahinzielende Beobachtung, nämlich in der Goldschmiedearbeit. In Abb. 5 des Aprilheftes des Zentralbl. f. Gew.-Hyg. (S. 98) bringen wir eine Photographie aus der bekannten Bijouteriefabrik Kreuter & Co. in Hanau, die uns diese Firma freundlichst zur Verfügung gestellt hat, aus der zu ersehen ist, daß in diesem Gewerbe schon lange, vielleicht auch aus anderen Gründen, hohe Tische vorhanden sind, auf denen die Hand und der Vorderarm des Arbeiters ziemlich wagerecht lagern und dadurch die feine Arbeit genauer machen, ohne zu stark zu ermüden. Ähnliche Tische konnten wir in anderen Gold- und Silberschmieden vorfinden. Es dürfte sich aber nunmehr die Frage erheben, ob nicht schon anderwärts Stützen für Arbeiter vorhanden sind, weshalb ich dem verehrlichen Vorstand nahelege, eine Kommission zu erwählen, die mit der Sammlung derartiger Stützen in vorhandenen Betrieben sich befassen möge. Des weiteren ergibt sich aus der Beobachtung dieser und ähnlicher Haltearbeit, die beispielsweise bei Schneidern, Kürschnern u. a. in noch viel ausgedehnterem Maße die verschiedensten Teile des Körpers erfaßt, daß hier ein Gebiet der Gewerbehygiene vorliegt, welches Aussicht auf erfolgreiche Arbeit darbietet. Ich bringe hier einige Photographien (Abb. 7, und 8) unbedeckter Schneiderlehrlinge bei ihrer Arbeit, um zu zeigen, in welcher verkrampften Stellung diese jungen Leute ihre Arbeit verrichten müssen. Aus der Betrachtung der



Abb. 7.

gestützten und ungestützten Arbeit der Stepperin kann man sich leicht eine Vorstellung machen, welcher unnötige Kraftaufwand bei diesen jungen Leuten vorkommt, um Rücken, Schultern, Arme, Hände und dazu noch die unteren Gliedmaßen in einer gezwungenen Stellung zu halten. Da wir hier nicht mit einer Entlastung durch

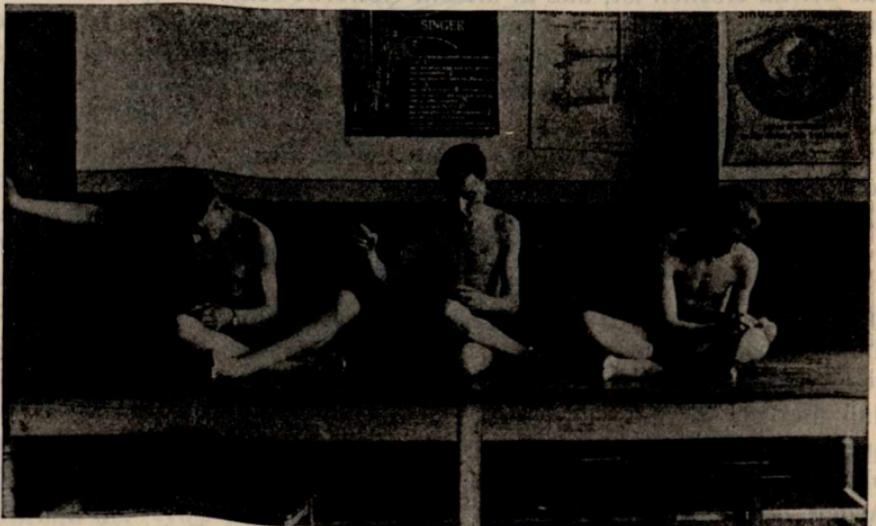


Abb. 8.

Stützen vorläufig rechnen können, ergibt sich die Notwendigkeit, Ausgleichsübungen zur Entmüdung der dauernd ermüdeten Muskeln und Bänder einzuführen. Derartige Übungen sind schon in zahlreichen Betrieben, Post, Telegraphie und besonders in amerikanischen Warenhäusern im Gange. Es wäre wünschenswert, und das ist die zweite Anregung, die ich mir heute zu geben gestatten möchte, auch hierfür eine Kommission zu erwählen, welche die bisherigen Erfahrungen sammelt, um sie weiteren Kreisen nutzbar zu machen.

## Ein hämatologischer Beitrag zur Ermüdungsfrage.

Von Med.-Assessor Dr. BRIEGER-Marburg a. L.

Die soeben gehörten Referate haben gezeigt, daß die arbeitsphysiologische Forschung praktischen Zielen nachgeht, und daß sie auf diesem Wege bereits zu wichtigen Ergebnissen gelangt ist. Wenn auch die praktische Verwendbarkeit der Laboratoriumsergebnisse noch weitgehend zu beweisen ist, so bleibt doch die Notwendigkeit wissenschaftlicher Untergründung der praktischen Arbeit durchaus unbestritten — wie könnte man sonst von „wissenschaftlicher“ Betriebsführung sprechen? Auch die Untersuchungen, über die ich hier kurz berichten will, sind mit praktischer Zielsetzung begonnen worden, nämlich mit dem Ziel der Gewinnung eines einfachen physiologischen Ermüdungstests; sie konnten „nur“ mit theoretisch interessanten Ergebnissen abgeschlossen werden. Dennoch trage ich diese hier vor, um zu zeigen, wie komplex der Ermüdungsbegriff ist, und wie die feinsten Funktionsstörungen nach körperlicher Anstrengung in ihn einbezogen werden müssen.

Vermehrung der „polynukleäre neutrophile Leukozyten“ genannten weißen Blutkörperchen nach Lageveränderungen und Bewegungen des menschlichen Körpers ist bereits längere Zeit bekannt. Man hat diese Vermehrung (Leukozytose) „Verteilungsleukozytose“ genannt, um zu kennzeichnen, daß es sich nicht um vermehrte Bildung und Abstoßung von Leukozyten am Ort ihrer Entstehung (Knochenmark) handelt, sondern um Veränderungen der Blutmengenverteilung in den Körperteilen. Auch die Leukozytose nach Muskelarbeit wurde auf Grund von Beobachtungen an Mensch und Tier als „Verteilungsleukozytose“ erklärt, obwohl sie ihr erster Beobachter, Grawitz (Dtsche. med. Wochenschr. 1910, Nr. 29), für eine echte Leukozytose gehalten hatte, d. h. für die Folge einer Erregung der Knochenmarkstätigkeit durch die bei der Muskelarbeit entstehenden Stoffe (Ermüdungsstoffe). Neuere Untersuchungen Egoroffs (Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 100, H. 5, 1924) schienen jedoch die Richtigkeit der von Grawitz geäußerten Ansicht zu bestätigen.

Egoroff untersuchte an Wettläufern außer den zahlenmäßigen Verhältnissen der Blutzellen auch ihre art- und formenmäßige Beschaffenheit und fand dabei stets, daß die Vermehrung der Leukozyten in der Hauptsache auf Einschwemmung unreifer Zellen aus dem Knochenmark in die Blutbahn beruhe.

Diese Befunde Egoroffs habe ich durch Untersuchung einer größeren Zahl von Blutaussstrichen, die von Teilnehmern an der Arbeiterolympiade 1925 gewonnen waren<sup>1)</sup>, nachgeprüft. Über diese meine Untersuchungen und die physiologische Deutung ihrer Ergebnisse soll an anderer Stelle eingehend berichtet werden. Hier sei nur mitgeteilt, daß in der Tat nach sportlicher Betätigung, besonders nach Wettlaufen und Wettschwimmen, unreife Leukozyten — sog. Stabkernige, Jugendformen, ja sogar noch jüngere Zellen — im Blutbild zu beobachten sind. Das Maß der Veränderungen ist verschieden und nach Egoroffs Feststellungen offenbar abhängig von dem Grad der Muskelanstrengung.

Da bereits geringgradige sportliche Leistungen die genannten Erscheinungen bewirken sollen, habe ich mir die Frage vorgelegt, ob sie nicht auch durch körperliche Berufsarbeit verursacht werden. Erwies sich die Bejahung der Frage als richtig, so ließ sich vielleicht die unschwer auszuführende Blutuntersuchung zur Bemessung des Anstrengungsgrades einer Arbeit, bzw. zu einem Ermüdungstest verwenden. In der Lehrlingswerkstätte der Adlerwerke in Frankfurt a. M., deren Leiter, Herrn Obergeringenieur Dabis, auch an dieser Stelle bestens gedankt sei, habe ich Blutuntersuchungen bei körperlicher Berufsarbeit vornehmen können. Art und Schwere der Arbeit wurden dabei von leichter Handarbeit bis zu schwerer, den ganzen Körper anstrengender und ermüdender Tätigkeit gewechselt. In keinem Falle traten, auch nur angedeutet, Blutveränderungen auf, wie die bei Sportlern festgestellten. Dabei handelte es sich um junge Menschen mit wahrscheinlich besonders reaktivem Knochenmark. Auch wurden neben älteren Lehrlingen soeben erst eingestellte untersucht, die noch ohne jedes Arbeitstraining waren. Damit entfällt die Untersuchung der Blutzellen als Ermüdungstest.

Immerhin bleibt die unterschiedliche Beeinflussung des Blutbildes durch sportliche Betätigung und Berufsarbeit bemerkenswert. Sie läßt sich zwanglos mit der Verschiedenheit der körperlichen Inanspruchnahme durch die beiden Leistungsformen erklären. Einmal werden bei den untersuchten Sportarten mehr Muskeln betätigt. Vor allem aber wird diese Betätigung durch Zusammenpressung in einen kurzen Zeitraum weit mehr intensiviert als bei der Berufsarbeit, welche die Verteilung der Anspannung auf

---

<sup>1)</sup> Ich verdanke diese Präparate der freundlichen Bereitwilligkeit des Herrn Oberarzt Dr. B arner vom Städt. Krankenhaus Sandhof in Frankfurt.

einen längeren Zeitraum gestattet. Von Bedeutung ist vielleicht auch die Möglichkeit eines Ausgleichs örtlicher Ermüdung. So erweist sich jedenfalls für den Hämatologen (Blutforscher) die körperliche Schwerarbeit im Beruf als weit physiologischer (naturgemäßer) als die körperliche Anstrengung bei sportlichen Höchstleistungen.

## Wirkungen der technischen, — Möglichkeiten der physiologischen Rationalisierung.

Von Med.-Assessor Dr. BRIEGER-Marburg a. L.

Mit 4 Textabbildungen und 1 Tabelle.

Die heutigen Referate wurden mit der Feststellung eingeleitet, daß die technische Entwicklung der amerikanischen Industrie zur vorzeitigen Abnutzung ihrer Arbeiter geführt habe, ein Gedanke, der fast die gesamte einschlägige Literatur beherrscht. Wo aber findet sich der überzeugende statistische Nachweis dessen? Ich zeige Ihnen hier die Statistik einer der größten amerikanischen Lebensversicherungsgesellschaften, bei der mehr Industriearbeiter versichert sind, als es in Deutschland überhaupt gibt.

Lebenserwartung für die zehnjährigen Alterstufen.

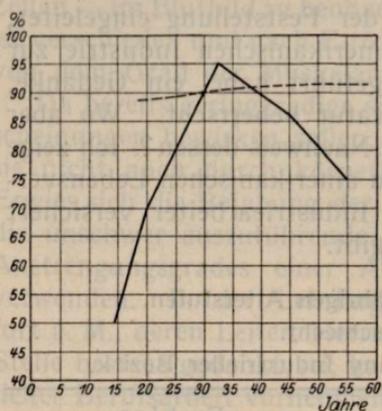
Nach Rasse und Geschlecht.

Metropolitan Life Insurance Company Industrieller Bezirk.

Alter	Der ganze industrielle Bezirk		Weiße				Farbige			
			Männer		Frauen		Männer		Frauen	
	1924	1911—12	1924	1911—12	1924	1911—12	1924	1911—12	1924	1911—12
10	52,62	47,43	51,77	45,61	55,10	50,66	45,71	41,32	46,63	41,30
20	43,87	39,10	42,93	36,87	46,20	42,02	37,61	34,16	38,88	35,14
30	35,78	31,70	34,53	29,36	37,96	34,47	30,44	27,95	32,16	29,32
40	27,94	24,98	26,54	22,94	29,76	27,00	23,76	21,91	25,46	23,25
50	20,63	18,41	19,38	16,98	21,92	19,67	17,77	16,09	19,01	17,34
60	14,09	12,47	13,23	11,50	14,84	13,20	12,57	11,21	13,51	8,61
70	8,79	8,02	8,25	7,30	9,17	8,41	8,33	7,69	9,39	

Daraus geht mit aller Deutlichkeit eine erhebliche Zunahme der Lebenserwartung bei allen Altersstufen hervor trotz der gerade in den angezogenen Zeitabschnitten durchgeführten stärksten Rationalisierung. Selbst die Neger, die bekanntlich in Amerika mit den schwersten und ungesündesten Arbeiten beschäftigt werden, nehmen in hohem Maße an der Besserung teil. Hervorheben möchte ich, um etwaigen Zweifeln an der Richtigkeit der Statistik vorzubeugen, daß eine Lebensversicherung in Rücksicht auf die Prämien-gestaltung nur an einer Herabsetzung der Lebenserwartung wirtschaftliches Interesse haben kann.

Oder prüfen Sie ein anderes Beweismittel, den Wechsel der Arbeitsstätte, den man gern auf die Schwere der Arbeit in dem aufgegebenen Betrieb zurückführt. Gewiß spricht der Bericht der bekannten amerikanischen Taylor-Kommission von sehr hohen Ziffern in den von ihr untersuchten Taylor-Betrieben. Prüfen Sie aber die Statistik des Arbeiterwechsels am Orte höchstentwickelter Rationalisierung, bei den Ford-Werken, so vermögen Sie zu erkennen, daß bei fortschreitender Rationalisierung der Belegschaftswechsel von jährlich 382,8 vH im Jahre 1913 auf 24 vH im Jahre 1925 zurückgegangen ist (Henry Ford: Das große Heut, das größere Morgen, S. 202). Dagegen lauten von Kleinschmidt (D. A. Z. 1924) vergleichsweise ermittelte Zahlen aus der keineswegs in ähnlicher Weise rationalisierten Berliner Metallindustrie weit ungünstiger für Berlin.



----- = Automatenweber  
(nach Koelsch)  
————— = Maschinenweber  
(nach M. Bernays)

Abb. 1.

Es liegt ja auch durchaus in der Richtung der technischen Entwicklung, die vorwiegend eine Maschinenentwicklung gewesen ist, den Anteil der menschlichen Arbeit zu verkleinern und zu erleichtern, ihn mehr und mehr auf die Maschine zu übertragen. Die folgenden Kurven (nach M. Bernays: Geschichte einer Baumwollspinnerei, und Koelsch: Arch. f. Hyg. 1923, Bd. 23) zeigen Ihnen geradezu idealtypisch die Wirkung dieser Entwicklung.

Die Kurven besagen, daß Arbeiter an automatischen Webstühlen bis zum 60. Lebensjahr einen gleichmäßig hohen Lohn zu erzielen vermögen, während die Löhne von Webern, die in primitiver ausgestatteten Betrieben arbeiten, bereits im 32. Jahr stark abzufallen beginnen.

Man kann also nicht feststellen, daß die amerikanische technische Entwicklung oder die praktische Rationalisierung grundsätzlich Ursache eines vorzeitigen Verbrauchs der menschlichen Lebens- und Arbeitskraft ist. Das vorliegende statistische Material reicht überhaupt noch nicht zur Beantwortung der Frage aus, welche Wirkungen die Einführung moderner Arbeitsverfahren auf die Gesundheit der Arbeiter gehabt hat. Statistische Unterlagen, wie sie neuerdings durch O. Lipmann zusammengestellt worden sind, liegen vorerst in nur geringer Zahl vor. Vor allem aber ist es eine äußerst schwierige und gefährliche Aufgabe, aus dem vielfältigen Gemisch von Bewirkung der objektiven und Bewirkung der subjektiven Leistungsbereitschaft, wie es in der Praxis statthat, die entscheidend wichtige Wirkungsbedingung herauszugreifen.

Manche Wirkungen sind gleichzeitig Bedingungen, z. B. die Ermüdung, manche Bedingungen haben mehrere, unter Umständen entgegengesetzte Wirkungen. Als Beispiel dessen zeige ich Ihnen eine bei O. Lipmann (Grundriß der Arbeitswissenschaft, S. 63) angegebene Statistik aus russischen Werken.

„Die Steigerung der Arbeitsintensität durch eine raffinierte Ausbildung des Akkordsystems, oft verbunden mit einer Senkung des Akkordverdienstes, hatte eine erschreckende Vermehrung der Unfallzahlen zur Folge.“

Quelle: Trud 1925 III 11, Prawda 1925 II 11; zitiert nach Vorwärts 1925 V 25.

Der Laboratoriumsversuch, der die Beurteilung der objektiven Leistungsbereitschaft ermöglichen soll, erweist damit seine Daseinsberechtigung. Hier ist der Arbeitsphysiologe dem Arbeitspsychologen gegenüber mehrfach im Vorteil. Der Hauptvorteil ist der, daß dem Physiologen exakte Methoden zur Verfügung stehen. Herr Lehmann hat heute über die wichtigsten und brauchbarsten gesprochen, so daß ich mich mit einer Kritik der Kritik von Herrn Sachsenberg begnügen kann. Herr Sachsenberg sagte, daß sich ihm eigentlich alle physiologischen und psychologischen Verfahren als wenig brauchbar erwiesen hätten und er infolgedessen wieder auf den Leistungsabfall als Ermüdungstest zurückgreife. Fraglos bedienen sich aber die hier genannten und gezeigten physiologischen Methoden feinerer Indikatoren, als es der Leistungsabfall ist. Denn die Leistung kann durch hilfswise Tätigkeit nervöser und muskulärer Teile auch dann noch auf der Höhe gehalten werden, wenn die von der Arbeit zuerst in Anspruch genommenen Körperteile bereits ermüdet sind — ich erinnere Sie an die Ausführungen von Herrn Atzler.

Weiter wird der Physiologe dadurch begünstigt, daß er nicht immer wie der Psychologe ganze Komplexe von Funktionen beachten muß, sondern einfachere Lebensvorgänge, mehr oder minder isolierte Funktionen, untersuchen kann. Aus solchen „Elementarfunktionen“ (17 „therbligs“) glaubte bereits Gilbreth alle Arbeiten zusammensetzen zu können, und Herr Atzler ist ihm, freilich mit wissenschaftlich-physiologischer Methodik, gefolgt. Das mag in der Tat weitgehend möglich sein. Ist aber den so erhobenen Befunden Gemeingültigkeit zuzusprechen? Sind die physischen Funktionen weniger labil als die psychischen? Mit anderen Worten: Ist es möglich, auf eine individualisierende Untersuchung zu verzichten? Mit der Verneinung dieser Fragen würde zwar der Wert der hier genannten Methoden nicht verneint, aber doch stark eingeschränkt werden. Immerhin ist es schon wertvoll genug,

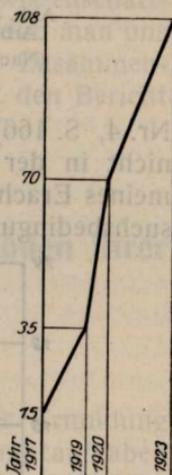


Abb. 2.  
Moskau. Anzahl der Unfälle auf je 1000 Arbeiter.

wenn es gelingt, durch ihre Anwendung bestimmte Arbeitsweisen — ich erinnere an die statische Arbeit — als grundsätzlich unphysiologisch und unrationell zu erkennen und nach Möglichkeit auszuschalten, durch grundsätzlich bessere zu ersetzen (z. B. Arbeit an Hebel durch Arbeit an Rad, M. Rubner; Klin. Wochenschr. 1926,

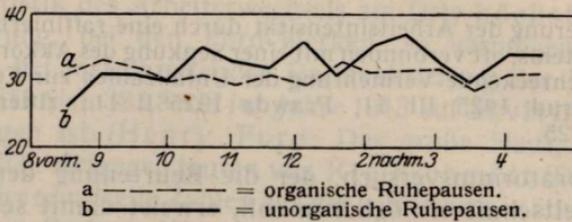


Abb. 3. Zur Bearbeitung von 1 Dutzend Dessertlöffeln benötigte Arbeitszeit bei organisierten und unorganisierten Ruhepausen. (Nach Farmer & Brooke in Reports of the Industr. Fatigue Research Board No. 15, 1921.)

Nr. 4, S. 166). Daß die Laboratoriumsmethoden nicht oder noch nicht in der Praxis des Betriebes verwendet werden können, ist meines Erachtens kein so bedeutsamer Mangel. Gewiß sind die Versuchsbedingungen so zu gestalten, daß die wahren Arbeitsbedingungen

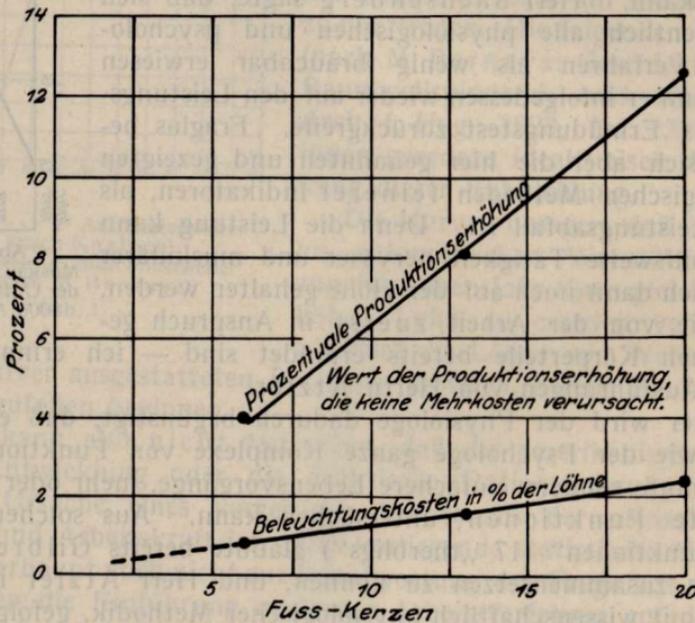


Abb. 4.  
Nach Luckiesh: Licht und Arbeit (deutsch bei Jul. Springer).

die Versuchsergebnisse nicht oder nicht wesentlich zu verändern vermögen. Aber ob das zutrifft, kann vergleichende Leistungsstatistik zeigen. Damit meine ich den Vergleich der Produktions- und Lohnziffern von Betrieben, die mit und ohne die im Laboratorium bewährten Bedingungen arbeiten, also eine im Gegensatz zur „reinen“

Leistungsstatistik Lipmanns „angewandte“ Leistungsstatistik. Derartige Statistiken liegen bereits vor. Ich zeige Ihnen hier den, solange wir den Ermüdungsrest nicht sicher feststellen können, kühnen Versuch physiologischer Pauseneinteilung nach vorangegangenen Laboratoriumsfeststellungen (Gaswechseluntersuchungen).

Zur „physiologischen“ Rationalisierung gehört auch die hygienische Rationalisierung der äußeren Arbeitsumstände. Hier ein Beispiel für die praktische Brauchbarkeit von Laboratoriumsergebnissen auf dem Gebiete der Sinnesphysiologie und Beleuchtungshygiene.

Diese Befunde stammen aus amerikanischen und englischen Betrieben. Ich will damit nicht zeigen, daß die dortige wissenschaftliche Forschung der unsrigen vorseilt, sicher aber ist, daß man uns dort, wenigstens in Amerika, in der Organisation der Zusammenarbeit von Wissenschaft und Technik überlegen ist (vgl. den Bericht von Wilson im Journ. of industr. Hyg.).

---

## **Erholung nach körperlicher Arbeit und Methoden ihrer Messung.**

Von Dr. E. SIMONSON-Frankfurt a. M.

Mit 4 Tabellen.

Die Erforschung der physiologischen Grundlagen der Ermüdung und Erholung bei körperlicher Arbeit ist eine der Hauptaufgaben der arbeitswissenschaftlichen Forschung. Ein ermüdeten Körper arbeitet bekanntlich unrationell; durch entsprechende Einschaltung von Erholungspausen, wie durch Wahl eines geeigneten Arbeitstyps, kann die Ermüdung weitgehend ausgeschaltet werden. Bevor die Methoden beschrieben werden sollen, die ich zur Bestimmung des persönlichen Erholungsvermögens ausgearbeitet habe, seien die physiologischen Grundlagen der Ermüdung und Erholung bei schwerer körperlicher Arbeit kurz erörtert.

Die Muskelkontraktion wird durch Bildung von Milchsäure aus Glykogen hervorgerufen. Nach der Kontraktion setzt sofort der Erholungsvorgang ein; d. h. die während der Verkürzung gebildete Milchsäure wird wieder beseitigt. Dies geschieht durch Rückverwandlung in Glykogen; die dazu erforderliche Energie wird durch Verbrennung einer bestimmten Menge von Glykogen geliefert, und zwar  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{5}$  der gebildeten Milchsäure. Wenn die Beseitigung der Milchsäure mit der Milchsäurebildung nicht Schritt hält, so führt das zu einer Anhäufung von Milchsäure im Muskel und hierdurch zur Schädigung der einzelnen Muskelelemente, die sich in der Ermüdung des arbeitenden Muskels äußert. Die Milchsäure stellt also beim Muskel sowohl die Kontraktions- wie die Ermüdungs-

substanz dar. Ganz allgemein kann daher gesagt werden, daß die muskuläre Ermüdung, d. h. bei schwerer körperlicher Arbeit, durch den Quotienten: Milchsäurebildung/Milchsäurebeseitigung und die muskuläre Erholung durch den Quotienten: Milchsäurebeseitigung/Milchsäurebildung wiedergegeben wird.

Die bisherige arbeitsphysiologische Forschung hat sich im wesentlichen damit begnügt, den „Energieverbrauch“, d. h. die Milchsäurebildung aus Glykogen, bei verschiedenen Arbeitstypen zu untersuchen. Man glaubte annehmen zu können, daß eine Arbeit um so eher ermüdend wirkt, je größer der Energieverbrauch pro Arbeitseinheit ist. Daß die absolute Menge der gebildeten Milchsäure einen wesentlichen Faktor der Ermüdung darstellt, ist unzweifelhaft; es ist aber nur der eine Faktor, und solange der andere, die Geschwindigkeit der Milchsäurebeseitigung, nicht ermittelt ist, ist man auch nicht imstande, über die ermüdende Wirkung einer bestimmten Arbeit etwas Sicheres auszusagen.

Wie fehl die Annahme, daß die Bestimmung des Energieverbrauchs die ermüdende Wirkung einer Arbeit absehen lasse, führen kann, konnte ich am Beispiel des Stehens nachweisen. Es ist bekannt, daß längeres Stehen anstrengend und ermüdend wirkt, obwohl der Mehrverbrauch beim schlaffen Stehen gegenüber dem Liegen, wie auch ich mich überzeugte, ganz geringfügig ist. Auf den gesteigerten Umsatz kann demnach die ermüdende Wirkung des Stehens nicht zurückgeführt werden. Dagegen konnte ich nachweisen, daß das Erholungsvermögen, d. h. die Milchsäurebeseitigung, im Stehen erheblich beeinträchtigt ist, wodurch die ermüdende Wirkung des Stehens durchaus erklärt wird.

Um sichere Angaben über die ermüdende Wirkung bestimmter Arbeitstypen zuzulassen, habe ich eine Methode der Bestimmung des Erholungsvermögens ausgearbeitet. Die Kenntnis des individuellen Erholungsvermögens ist auch deshalb vorteilhaft, weil es nur hierdurch möglich ist, in exakter Weise die für das Individuum oder einen betreffenden Arbeitstyp nötigen Erholungspausen zu berechnen. Auch erscheint eine Bestimmung des Erholungsvermögens für die Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit wesentlicher als die Untersuchung der einzelnen Organe, da das Erholungsvermögen der Ausdruck der Funktionstüchtigkeit sämtlicher Organsysteme ist, die für die körperliche Leistungsfähigkeit von Bedeutung sind. Die Methode der Bestimmung des Erholungsvermögens hat endlich insofern auch ein gewisses gewerbehygienisches Interesse, als hierdurch, wie ich bei der chronischen Schwefelvergiftung zeigen konnte, gesundheitliche Schädigungen nachgewiesen werden können, die mit einer anderen Untersuchungsmethode nicht festzustellen sind. Die Bestimmung des Erholungsvermögens wird nun in folgender Weise vorgenommen: Nach der Bestimmung des Ruheumsatzes wird eine geeignete Standardarbeit — als sehr geeignet erwies sich das 30 malige

Heben eines 12,5 kg schweren Gewichts — geleistet; nach Beendigung der Arbeit wird sofort in einem Respirationsapparat der Sauerstoffverbrauch, der ja in direktem Verhältnis zur Menge der beseitigten Milchsäure steht, in zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Perioden bestimmt, und zwar die erste zu 3 und die zweite zu 6 Minuten Dauer. (Ich selbst untersuchte, wie es ähnlich Hill, Long und Lupton getan haben, in 4 Perioden; doch ist die Unterteilung in 2 Perioden praktisch völlig ausreichend.) Man erhält dann 2 Angaben: 1. den gesamten Erholungsumsatz und 2. die Milchsäuremenge, die nach 3 Minuten noch nicht beseitigt ist. Da nach den Untersuchungen von Hill, Long und Lupton die Erholung in Form einer Exponentialkurve verläuft, kann hieraus das individuelle Erholungsvermögen in Form einer Restitutionskonstante berechnet werden. Die in ihrer

Anwendung sehr einfache Formel lautet:  $Rk = 1/t \cdot \ln \frac{Kal A}{Kal t}$ , wo-

bei  $t$  die Zeit, in unserem Falle 3 Minuten,  $Kal A$  den gesamten Erholungsumsatz,  $Kal t$  die nach 3 Minuten noch nicht umgesetzten Kalorien des Erholungsumsatzes,  $Rk$  die Restitutionskonstante bedeuten.

Folgende Tabelle enthält die aus 4 Versuchen berechnete Restitutionskonstante einer Versuchsperson; die Höhe der Restitutionskonstante ist identisch mit dem Grade des Erholungsvermögens.

Tabelle 1.

Vp.	Datum	Kal. A	Kal. t	Rk.
O. R.	19. Juni	7449	1578	0,5173
	1. Juli	5847	1482	0,4908
	23. Juni	5352	1182	0,5034
	29. Juni	4872	1092	0,4985.

Wie ersichtlich, liegen die Werte dicht beieinander. Es zeigte sich nun bei der Untersuchung von 3 Versuchspersonen, daß normalerweise beträchtliche Verschiedenheiten des Erholungsvermögens als Ausdruck verschiedener körperlicher Leistungsfähigkeit bestehen. Folgende Tabelle enthält die ermittelten durchschnittlichen Restitutionskonstanten der 3 Versuchspersonen.

Tabelle 2.

Vp.	Rk.
E. S.	0,4
O. R.	0,5
F. R.	1,5.

Interessanterweise ist die Erholung bei kleinen Arbeitsleistungen (15maliges Heben) verschieden von der bei großen; so erholt sich O. R. besser als E. S. nach großen Arbeitsleistungen, E. S. besser als O. R. nach kleineren. Doch kann im Rahmen des Vortrags hierauf nicht näher eingegangen werden.

Ist die Restitutionskonstante ermittelt, so ist es möglich, bei gegebener Arbeitsleistung die Dauer der notwendigen Erholungspausen zu berechnen. Es ist

$$t = \frac{\ln \cdot \frac{Kal A}{Kal t}}{Rk},$$

wobei  $Kal t = 100$  gesetzt wird, was einer praktisch völlig ausreichenden Erholung entspricht.

Um ein praktisches Beispiel anzuführen: Es ergibt sich bei einer Arbeitsleistung, die bei einer Restitutionskonstanten von 0,5 den Erholungsrückstand von 5000 Kal. aufweist, nach oben angegebener Formel:

$$\begin{array}{r} \log 5000 = 3,6990 \\ - \log 100 = 2,0000 \\ \hline = 1,6990 \\ \ln = 3,9121 \\ : 0,5 = 7,8 \text{ Minuten;} \end{array}$$

bei einer Restitutionskonstanten von 0,4 würde die Erholungszeit 9,8 Minuten betragen. (Um diese Methode in Betrieben praktisch durchzuführen, brauchte nur an einer größeren Anzahl von Arbeitern die durchschnittliche Restitutionskonstante und der durchschnittliche Erholungsrückstand bei der betreffenden Arbeit ermittelt zu werden.) In ähnlicher Weise kann natürlich auch umgekehrt, wenn die Erholungspausen gegeben sind, die dazu im Gleichgewicht stehende Arbeitsleistung berechnet werden.

Die Anwendung dieser Methode im praktischen Betriebe erfordert immerhin die Anstellung von Gasanalysen. Abgesehen von der hierzu nötigen Zeit setzt die Durchführung einer Gasanalyse eine gewisse Übung voraus. Es ist deshalb wesentlich, eine Reaktion des Körpers zu kennen, die der Erholung parallel läuft und die leicht zu bestimmen ist. Vor allem wäre hier an die Ventilation, d. h. die Menge der Ein- und Ausatemungsluft zu denken. Es ist ja die Rolle der Ventilation, den zur Verbrennung nötigen Sauerstoff herbei und die aus den Verbrennungen entstehende Kohlensäure fortzuschaffen. Es muß daher angenommen werden, daß eine Parallelität zwischen der Größe der Ventilation und der Größe sowohl des Umsatzes bei Ruhe wie bei Arbeit besteht. Tatsächlich fand ich in einer größeren Anzahl von Versuchen eine derart ausgesprochene Parallelität, daß ich diese zur Ausarbeitung einer Methode der Bestimmung der Erregbarkeit des Atemzentrums verwenden konnte. Ich untersuchte nunmehr, ob auch die Verteilung der in der Erholung bestehenden Ventilationssteigerung auf die einzelnen Zeitabschnitte sich ähnlich verhält wie die Verteilung der mit der Beseitigung der Milchsäure einhergehenden Umsatzsteigerung. Folgende Tabelle zeigt ein typisches Beispiel bei jeder Versuchsperson.

Tabelle 3.

Vp.	Datum	Umsatzsteig.			Kal. Min.			Ventil. Steig. L. Min.		
		1—3	4—9	10—14	1—3	4—9	10—14	1—3	4—9	10—14
F. R.	5. Juli	3006	516	—	16,35	2,94				
vH-Verteilung		86	14		84	16				
O. R.	10. Juni	3712	1344	680	26,43	11,10	5,05			
vH-Verteilung		65	24	11	62	26	12			
E. S.	15. Juni	3369	1458	204	20,58	9,12	0,96			
vH-Verteilung		67	29	4	67	30	3			

Die Verteilung der Ventilationssteigerung auf die einzelnen Zeitabschnitte geht, wie die Tabelle zeigt, tatsächlich der Umsatzsteigerung weitgehend parallel; es besteht meist eine kleine Verschiebung der Ventilationswerte im Sinne einer etwas schlechteren Erholung. Das Erholungsvermögen kann also auch aus der Ventilation bestimmt werden, wobei wir meist eine etwas niedrigere Restitutionskonstante als bei der Bestimmung aus dem Energieumsatz zu erwarten haben. Doch sind die Abweichungen der beiden Werte geringfügig, so daß die Bestimmung der Restitutionskonstante aus der Ventilation praktisch völlig ausreichen und vielleicht einen noch etwas sicheren Anhaltspunkt für eine völlige Erholung geben dürfte, als man ja erst dann einen völlig erreichten Ruhezustand annehmen kann, wenn auch die Ventilation wieder ihr Ruheniveau erreicht hat. In folgender Tabelle sind die durchschnittlichen Restitutionskonstanten aus der Ventilation zum Vergleich enthalten.

Tabelle 4.

Vp.	Rk. Kal.	Rk. Vent.
E. S.	0,34	0,30
O. R.	0,50	0,43
F. R.	0,68	0,64

Die Bestimmung des Erholungsvermögens ist demnach an einer Gasuhr oder einem Spirometer in kürzester Zeit bei denkbar einfacher Anwendung durchzuführen.

Die Ausdauer bei einer Arbeit hängt nicht allein vom Erholungsvermögen ab, sondern auch von der Art der Ausführung der Arbeit. Während der Arbeit selbst wird bereits ein beträchtlicher Teil der Milchsäure beseitigt, der von Person zu Person verschieden ist und selbst bei der einfachen von mir gewählten Arbeitsleistung um 30—50 vH schwankt. Die Bewegung selbst beschleunigt erheblich die Milchsäurebeseitigung, während andererseits durch einen statischen Anteil der Arbeit die Beseitigung gehemmt wird. Je nach Art der Bewegung, d. h. je nachdem z. B. beim Heben von Gewichten die Hebungen und besonders die Senkungen verschieden rasch ausgeführt werden, wird bei der gleichen äußeren Arbeit während der Arbeitsperiode selbst mehr oder weniger Milchsäure beseitigt; die beobachteten Schwankungen werden hierdurch völlig erklärt. Unter einer geschickten Arbeitsweise werden wir daher nicht allein, wie bisher üblich, eine solche aufzufassen haben, bei welcher ein Mini-

mum an Energieumsatz stattfindet, sondern auch eine solche, die die Erholung während der Arbeit selbst begünstigt. So mag eine Person mit schlechterem natürlichen Erholungsvermögen zu einer bestimmten Arbeit geeigneter sein als eine andere mit großem Erholungsvermögen, einzig daher, weil sie durch geschicktere Ausführung imstande ist, einen größeren Anteil der Milchsäure schon während der Arbeit zu beseitigen. Aus der Größe des Erholungsvermögens während der Arbeit und ihrem Verhältnis zum Erholungsvermögen nach der Arbeit ist es daher möglich, Schlüsse über die vorteilhafte oder unvorteilhafte Arbeitsweise zu ziehen. Die Erholung während der Arbeit geschieht nach der Formel:

$$c = \frac{K}{Rk'} (1 - e^{-Rk' \cdot t}),$$

wobei  $c$  die vorhandene Milchsäure,  $K$  die

Milchsäurebildung als Funktion der Zeit,  $t$  die Zeit und  $Rk'$  die während der Arbeit gefundene Restitutionskonstante darstellt. Aus dem Vergleich mit der während der Erholung nach Beendigung der Arbeit gefundenen Restitutionskonstanten ergibt sich der Anhaltspunkt zur Beurteilung der Ausführungsart einer Arbeit.

(Zum Schlusse sei noch folgender Gesichtspunkt hervorgehoben: Der Ausdruck strebt mit wachsender Zeit einem Gleichgewicht zu. Dieses Gleichgewicht ist dann erreicht, wenn  $c = K/Rk'$  ist. Praktisch ist dies insofern von großer Bedeutung, als der Gleichgewichtszustand aussagt, daß ebensoviel Milchsäure beseitigt wie gebildet wird. Die Ermüdung ist eine Folge der Milchsäurekonzentration; tritt das Gleichgewicht bereits unterhalb einer ermüdenden Milchsäurekonzentration ein, so kann die gleiche Arbeit für lange Zeit, ohne zur Ermüdung zu führen, fortgesetzt werden. Die Erreichung eines derartigen Gleichgewichtszustandes kann durch entsprechende Wahl von  $K$ , d. h. Arbeitsgröße in der Zeiteinheit, ermöglicht werden.)

## Diskussion

über das Thema „Arbeit und Ermüdung“ auf der dritten Jahreshauptversammlung der Deutschen Gesellschaft für Gewerbehygiene in Wiesbaden am 17. September 1926.

Medizinalassessor Dr. BRIEGER, Marburg:

Mit zahlreichen Problemen sind wir heute bekannt gemacht worden, aber wir haben auch viel Problematisches gehört. Um einem Irrtum vorzubeugen, möchte ich nur auf einen Punkt hinweisen. Herr Dr. Bornstein ist hier sehr energisch für fleischlose oder fast fleischlose Ernährung des Industriearbeiters eingetreten, indem er sich auf Untersuchungen aus dem Zuntz'schen Laboratorium berief. Diese über zwei Jahrzehnte alten Untersuchungen mögen gewiß richtig sein, aber die praktischen Verhältnisse haben sich inzwischen gründlich geändert. Erstens ist die Arbeit im industriellen Betrieb im allgemeinen nicht mehr die zur Zeit dieser Untersuchungen üblich gewesene Schwerarbeit. Dadurch ist die Notwendigkeit der Annäherung der Ernährung des Industriearbeiters an die des sogenannten geistigen Arbeiters gegeben. Dann ist der Transport derjenigen Menge von Nahrungsmitteln, die bei fleischloser Kost dem Kalorienbedarf wie dem Hungergefühl genügen, bei der heute üblichen Entfernung der Wohn- von der Arbeitsstätte nicht durchführbar. Näheres darüber finden Sie in den neueren Arbeiten des Hamburger Physiologen Kestner, die heute leider nicht erwähnt wurden. Überhaupt ist man daran vorübergegangen, daß die Ernährungsweise des Industriearbeiters ein besonderes Problem der Ernährungs- und Arbeitsphysiologie ist — während die spezifische Wirkung und Bewirkung einer besonderen „Arbeiterseele“, eine unbegründete Betonung fanden.

Privatdozent Dr. med. GRAF, München:

Es ist heute wiederholt von der Arbeitspsychologie Kraepelins die Rede gewesen, so daß ich wohl vom Standpunkte der Kraepelinschen Schule aus zu einigen angeschnittenen Fragen Stellung nehmen darf. Zunächst möchte ich Herrn Prof. Griesbach darauf aufmerksam machen, daß von einer Anwendung des Addierens in der von ihm erwähnten Form seit mehreren Jahrzehnten keine Rede mehr ist. Dabei möchte ich ganz allgemein darauf hinweisen, daß das, was für jede andere Wissenschaft recht und billig ist, daß man sie vom augenblicklichen Forschungsstand aus beurteilt, auch für die Kraepelinsche Arbeitspsychologie angewendet werden sollte. Gemeinhin ist nur die Rede von den Ergebnissen bis 1900, obwohl gerade die letzten Jahre nach dem Kriege in manchen Fragen ganz wesentliche Fortschritte gebracht haben.

Was die Ermüdungsmessung in der Praxis betrifft, stehe ich nicht an zu erklären, daß wir keine Methode kennen, welche den an sie zu stellenden Anforderungen Genüge leistet. Wir haben selbst alle möglichen angegebenen und selbst versuchten Verfahren durchgeprüft und keine sicheren Ergebnisse in der Praxis gewonnen. Warnen möchte ich besonders vor den heute erwähnten Blutdruckuntersuchungen, für die sich in den letzten Jahren Lahy in Frankreich eingesetzt hat. Wer die klinischen Arbeiten über Blutdruckmessung und Blutdruckschwankungen in den letzten Jahren näher verfolgt, wird sich davon sehr wenig versprechen. Die physiologischen Schwankungen, schon während eines Tages, der Einfluß von Gefühlsvorgängen usw., scheinen mir darnach viel größere Schwankungen zu ermöglichen als die der Ermüdung zugeschriebenen sind. Die Ermüdungsmessung wird wohl noch auf Jahre hinaus wissenschaftlicher Forschungsarbeit in den Laboratorien vorbehalten bleiben müssen, bis sie für die Praxis verwendbar wird. Dagegen möchte ich Ihre Aufmerksamkeit auf ein Gebiet lenken, das bei uns noch sehr im argen liegt, und doch, wie kaum ein anderes, der praktischen Untersuchung zugänglich ist; nämlich die Ermüdungsbekämpfung durch zweckmäßige Pausenanordnungen. Ich kann nicht näher auf dieses Gebiet eingehen, zumal darüber eine Sonderuntersuchung im Gange ist, möchte aber doch ein Erlebnis schildern, das deutlicher als viele Worte sagt, wie es in dieser Angelegenheit trotz der günstigen Erfahrungen in anderen Ländern bei uns steht. Bei einer Aussprache mit einem größeren Industriellen über günstige Pausenergebnisse, auch bei praktischer Arbeit, die in unseren Laboratorien erzielt wurden, schlug Kraepelin vor, es wenigstens einmal mit einer Frühstückspause im Betrieb zu versuchen. Der sehr sozial eingestellte Unternehmer gab zu, daß er selbst den Eindruck hätte, daß die Pauseneinschaltung von Nutzen sei sowohl für die Arbeiter als auch für die Produktion, mußte aber auch erklären, er könne zu seinem Bedauern in seinen Betrieben keine Pausen einführen, denn er sei an die Abmachung gebunden, daß Pausen nicht bezahlt werden dürfen. Hier liegt ein wichtiges Gebiet für die Aufklärungstätigkeit der Gewerbeärzte.

Um Ihnen zu zeigen, von welcher Bedeutung das Pausenproblem auch für die Fragestellungen ist, die zunächst gar nichts damit zu tun zu haben scheinen, möchte ich Sie noch auf neuere Laboratoriumsversuche über zwangsläufige Arbeit hinweisen. Es hat sich gezeigt, daß mit ein Grund für Leistungssteigerungen bei der Fließarbeit darin lag, daß diese Arbeitsart sehr häufig kurze Pausen bedingt. Das vorgeschriebene Arbeitszeitmaß muß sich notwendig nach einem Durchschnitt richten, von dem Schwankungen nach unten und auch nach oben auftreten. Nun kann die Arbeit unmöglich so eingerichtet und ausgeführt werden, daß gerade bei Ablauf der zugestandenen Zeit die Arbeit beendet wäre, sondern es werden kleine Zeitreserven geschaffen, die Ruhepausen darstellen. Die große Bedeutung liegt nun darin, daß durch zwangsläufige Arbeitsregelung auch eine zwangsläufige Pausenregelung entsteht, daß Hetzarbeit vermieden wird, denn je schneller die Arbeitsgeschwindigkeit, desto größer wird automatisch die Ruhepause. Vielleicht können diese beiden Hinweise Anregungen geben zu Untersuchungen und Versuchen in der Praxis, denn gerade in der Pausenfrage sind, im Gegensatz zu der Ermüdungsmessung, die Laboratoriumsmöglichkeiten viel rascher erschöpft und geht die Führung an die Praxis im Betriebe über.

Prof. Dr. GRIESBACH, Gießen:

Die Frage nach der Ermüdung steht in engem Zusammenhang mit der Frage nach der Erregung. Bei physiologischen, psychologischen und hygienischen Erörterungen über die durch Arbeit hervorgerufene Er-

müdung sollte der Vorgang der Erregung daher nicht unberücksichtigt bleiben. Daß letzterer in den Referaten weniger Beachtung zuteil wurde, liegt wohl einerseits daran, daß ihr Wesen noch weniger bekannt ist als das der Ermüdung, andererseits daran, daß es sich bei den Verhandlungen hauptsächlich um das Auftreten der Ermüdung, deren Nachweis und deren Bedeutung für die Unfallhygiene bei Arbeiten in gewerblichen Betrieben handelte. Hinsichtlich der über Erregung und Ermüdung aufgestellten Hypothesen berührte der Redner zunächst die seit Hering als Assimilation und Dissimilation bezeichneten Phasen des Stoffwechsels, besprach den durch Verworn eingeführten Begriff des Biotonus und führte für die Veränderung der Größe dieses Quotienten Erregungs-, Ermüdungs- und Erholungsbeispiele an. Er gedachte dann der Ergebnisse der Untersuchungen Pütters und verglich eigene Beobachtungen über kortikale Erregungen mit den Ausführungen Ebbeckes. Alsdann äußerte er sich im allgemeinen über die sogenannten Ermüdungsstoffe (Ponogene), besonders über die Anschauungen Weichardts, hinsichtlich der Kenotoxine, und die Stellungnahme Korff-Petersens zu denselben. Auch wurde der vielfach diskutierten Kohlensäure- und Milchsäuretheorie gedacht. Nachdem der Redner erläutert hatte, daß man aus Versuchen am Muskelpräparat keine einwandfreien Schlüsse auf Vorgänge im Organismus ziehen könne, verglich er die einzelnen psychologischen und physiologischen Methoden zum Nachweis der Ermüdung (von einer eigentlichen Messung derselben kann vorläufig nicht die Rede sein) hinsichtlich ihrer Verwendungsmöglichkeit. Psychologische, auf Merkfähigkeit und anderen Gedächtnisleistungen beruhende Methoden, sowie das Kraepelinsche Rechnen, das Kombinationsverfahren von Ebbinghaus, die Bourdonmethode, sind zur Ermüdungsbewertung zum Teil schon deswegen wenig geeignet, weil sie selbst Ermüdung bewirken und von der Intelligenz und Übung der Versuchspersonen zu sehr beeinflußt werden. Zur Verwendung in gewerblichen Betrieben vor, während und am Schluß der Arbeit sind die meisten dieser Methoden zu zeitraubend. Unter den physiologischen Methoden eignen sich für Laboratoriumsversuche, eventuell auch in einer Fabrik, falls dort ein geeigneter Raum zur Montierung der Apparate zur Verfügung steht, Ergograph, Ergostat, Kephalograph, Tachistoskop, Blut-, Blutdruck- und Pulsuntersuchungen und die Registrierung von Aktionsströmen. Der Anwendung dieser Methoden bei gewerblichen Arbeiten steht jedoch hindernd im Wege, daß die meisten von ihnen mehr oder weniger Vorbereitungen und ebenfalls viel Zeitaufwand erfordern. Recht handlich ist das Dynamometer von Collin, es hat sich aber oft als unzuverlässig erwiesen. Schnell und sicher untersucht man mit dem überall anwendbaren Ästhesiometer, das in zwei Ausführungen von Zimmermann, Leipzig, vorgelegt wurde. Die Vorteile des Ästhesiometers bestehen darin, daß es die auf die Versuche gerichtete Aufmerksamkeit der Versuchspersonen zu kontrollieren erlaubt, daß sich damit die Normal-, Erregungs- und Ermüdungsschwellen feststellen lassen, und daß es sowohl über die Abhängigkeit der beiden Hirnhemisphären voneinander als auch über deren asymmetrisches Verhalten im Zustande der Erregung und Ermüdung Aufschluß gibt. Bei richtiger Durchführung der ästhesiometrischen Methode kommt es weder zum Eintritt einer Versuchsermüdung noch zu einem Einfluß von Übung auf das Unterscheidungsvermögen. Abgesehen von den zahlreichen Experimentatoren aus früherer Zeit, die mit dem Ästhesiometer brauchbare Ergebnisse erzielten, gegenüber den wenigen Experimentatoren, denen die Anwendung des Instrumentes mißglückte, haben auch neuere Forscher: Fr. Wolf (Archiv f. Hyg. 1922, Bd. 91, 3/4) und L. Focher (Deutsche med. Wschr. 1923, Nr. 33; neurolog. Zeitschr. 1923, Bd. 87, 1/2; Journal of nervous and mental diseases 1925, Bd. 62, Nr. 4) die Zuverlässigkeit der ästhesiometrischen Methode erwiesen. Sie ist wegen ihrer Handlichkeit und der Möglichkeit, in verhältnismäßig kurzer

Zeit eine Reihe von Personen zu untersuchen, für gewerbliche Betriebe aller Art geeignet. Redner kam dann auf die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung über Ermüdung in verschiedenen gewerblichen Betrieben, sowie auf die Versuche zu sprechen, der Ermüdung durch Darreichung medikamentöser Stoffe vorzubeugen und die Leistungsfähigkeit zu erhöhen. Unter diesen Stoffen hat er selbst mit dem von Embden empfohlenen, von der Firma Albert in Biebrich in den Handel gebrachten Rekresal (Natriumdihydroorthophosphat) Beobachtungen über körperliche und geistige Ermüdung an Sportsleuten, Schwerarbeitern und zuletzt an Geistesarbeitern angestellt. Die Versuche wurden mit der wässrigen, gesüßten Phosphatlösung und mit einem Scheinrank aus gesüßtem Wasser vorgenommen. Die Dosierung entsprach der Embdenschen Vorschrift. Abgesehen von individuellem Verhalten einzelner Personen, bei denen sogar nach Rekresal unangenehme Wirkungen (Diarrhöen, Schlafstörungen) auftraten, konnte bei mehreren Gruppen von Versuchspersonen die bei gleicher körperlicher Beanspruchung, und unter sonst gleichen Bedingungen mehrere Male nach vorheriger Verabreichung von Rekresal und ebensooft ohne Darreichung desselben untersucht wurden, festgestellt werden, daß die durch verschiedene Methoden ermittelte Ermüdung, unter der Wirkung des Mittels eine geringere war. Bei Geistesarbeitern, mit denen analog verfahren wurde, ließ sich eine derartige Wirkung nicht konstatieren. Gegenüber der manchmal besonders in industriellen Kreisen vertretenen Ansicht, das Taylorsystem erleichtere die Arbeit in gewerblichen Betrieben, verhält Redner sich ablehnend. Das System sucht auf Kosten der Gesundheit der Arbeiter Höchstleistungen zu erzielen. Nicht die weitgehende Arbeitsteilung, die Einstellung der für eine bestimmte Arbeit geeignetsten Arbeiter und das Bestreben, die zweckmäßigste Hantierung derselben zu ermöglichen, wohl aber das schnelle Betriebstempo erfordert die intensivste Anspannung der Aufmerksamkeit. Dadurch wird, wie Redner nachwies, im Laufe der Zeit starke Ermüdung hervorgerufen, und infolge derselben sind Unfälle nicht selten. Redner wies ferner darauf hin, daß sich starke Ermüdungserscheinungen beim Eisenbahnpersonal, insbesondere bei Lokomotivführern, infolge zu anstrengenden Dienstes und nicht ausreichender Erholung nachweisen lassen. Wenn in solchem Zustande ein Eisenbahnunglück erfolgt, dann trifft die Schuld nicht den Lokomotivführer, sondern die Verwaltung, die den Dienst ansetzte. Da aus der Versammlung heraus seitens eines Vertreters der Reichsbahngesellschaft gegen die Angabe des Redners über die Ermüdung der Lokomotivführer Einspruch erhoben wurde, sah er sich genötigt, seine Aussagen näher zu begründen. Er hat in den Jahren 1903/06 und 1910/13 unter anderen Eisenbahnbeamten auch eine Anzahl Lokomotivführer im Elsaß und in Baden sowohl vor, beim und nach dem Rangierdienst als auch vor und nach dem Fahrdienst auf Personen-, Schnell- und Güterzügen untersucht. Ermüdungserscheinungen waren öfters schon vor dem Antritt des Dienstes vorhanden und stiegen bis zum Dienstschluß erheblich an. Dabei ist zu bemerken, daß die Arbeit nicht erst mit der Abfahrt des Zuges beginnt und mit seiner Ankunft ihr Ende erreicht, sondern sie beginnt bereits mit der Zurüstung der Lokomotive und endet erst mit der Abrüstung derselben. Auch mit Zugverspätungen und Betriebsunregelmäßigkeiten ist zu rechnen. Sehr ermüdend ist der Nachtdienst, namentlich dann, wenn keine genügende Schlafzeit vorausging. Redner hat im Jahre 1911 mit Genehmigung des Ministers der öffentlichen Arbeiten in Berlin vor, während und nach der Fahrt des D-Zuges 6, Berlin—Frankfurt a. M., die Lokomotivführer auf der Maschine untersucht. Auffallend war die Ermüdung des Lokomotivführers nach der Fahrt Berlin—Halle (162 km in 1 Std. 50 Min.). Noch größer war sie bei zwei Führern, die den Zug mit zwei Maschinen von Elm nach Frankfurt brachten, obwohl diese Strecke nur 82 km (Fahrzeit mit zweimaligem Halt

1 Std. 20 Min.) beträgt. Dies rührt daher, daß der eine der Führer einen Güterzug bereits 82 km auf einer anderen Strecke gefahren und der andere Führer schon 2 Stunden Rangierdienst gehabt hatte. Wenn sich ein Eisenbahnunglück nicht in den späteren, sondern schon im Laufe der 1. bis 4. Dienststunde ereignet, wie der Präsident des Reichsbahnamtes in Straßburg, Herr Wackerzapp, der ein Gegner gesetzlicher Regelung der Dienst- und Ruhezeiten war, im Jahre 1912 im Reichstage äußerte, so liegt das daran, daß die Beamten aus Mangel an genügender Erholung schon ermüdet den Dienst antraten. Dies traf nach Beobachtungen des Redners im Industriegebiet des Oberelsaß zu deutscher Zeit oft auch im Fabrikbetrieb zu. Wie unhygienisch die 10, 13 und mehr Stunden umfassenden Dienstleistungen speziell der Lokomotivführer vor dem Kriege und in den Jahren 1921/24 geregelt waren, darüber gibt die an den Reichstag gerichtete Bittschrift deutscher Eisenbahnbeamtenvereinigungen vom Jahre 1908, die Bittschrift des Vereins deutscher Lokomotivführer vom Jahre 1911, die Broschüre des Reichstagsmitgliedes Ludwig Werner, Hersfeld, vom Jahre 1913 und die von der Reichsgewerkschaft deutscher Eisenbahnbeamten 1924 herausgegebene Dienstdauervorschrift Aufschluß. Wie die Verhältnisse seit dem 1. Januar 1925 liegen, darüber kann man sich aus dem stenographischen Bericht der Generalversammlung der Gewerkschaft deutscher Lokomotivführer vom 18. September 1926 in Dortmund informieren.

Privatdozent Dr. med. et phil. JULIE HEFTER, Moskau:

In dem biochemischen Laboratorium des Obuch-Instituts für Gewerbekrankheiten in Moskau (Leiterin J. Hefter), habe ich zur Erforschung des Einflusses der Ermüdung mit Frl. Judelowitsch folgende Untersuchungen gemacht: wir bestimmten vor Beginn und nach der Arbeit die Alkalireserve des Blutes, den Milchsäure-, Azetessigsäure- (als Azeton bestimmt),  $\beta$ -Oxybuttersäuregehalt des Blutes. Die eine Gruppe bestand aus körperlich schwer arbeitenden Hammerschmieden, und die zweite aus Lehrern als Vertreter der geistigen Arbeiter, und zwar waren beide Gruppen in ihrem Beruf seit Jahren tätig und nicht zum Zweck der Untersuchung speziell eingeladen.

Bei den Hammerschmieden ist die Alkalireserve schon früh morgens niedrig, verändert sich im Laufe des Arbeitstages gar nicht oder kaum, so daß bei ihnen eine „chronische Azidose“ besteht. Als aber die mit schwerer körperlicher Arbeit beschäftigten Leute in Erholungsheimen ausruhten, stieg die beim Eintritt ins Erholungsheim niedrige Alkalireserve bis zur Norm. Um zu erforschen, wodurch diese Azidose bedingt ist, untersuchten wir das Blut auf seinen Gehalt an verschiedenen Säuren.

Ausgehend von den klassischen Arbeiten von Meyerhof und Embden forschten wir in erster Linie nach dem Milchsäuregehalt des Blutes. Als wir das Blut 10' nach Schluß der Arbeit entnahmen, stieg in demselben der Milchsäuregehalt um ein ganz geringes, als aber das Blut nach 30'—1', also als wir unmittelbar nach dem letzten Hammerschlag uns direkt auf den Arbeiter zur Blutentnahme stürzten, untersucht wurde, so bekamen wir eine Steigerung des Milchsäuregehaltes um das 6—8fache. Auf solche Weise ergab es sich, daß die Milchsäure zwar infolge der Arbeit steigt, aber sehr schnell aus der Blutbahn verschwindet, und daß nicht die Milchsäure die dauernde Azidose bedingt.

Die zweite Komponente, welche sich aus dem von Embden genannten Lactacidogen bei Muskelarbeit entwickelt, ist die Phosphorsäure; diese untersuchten wir auch im Blut. Bei den Hammerschmieden ist der Phosphorsäuregehalt des Blutes schon früh morgens erhöht, bleibt aber, wie die Alkalireserve des Blutes, nach der Arbeit unverändert oder beinahe un-

verändert. Nach längerer Erholungszeit sinkt sie, so daß die Verminderung der Phosphorsäure parallel der Alkalireserve geht.

Wir bestimmten noch den Gehalt an Azetessigsäure und  $\beta$ -Oxybuttersäure, die ja bekanntlich in enger Beziehung zu dem Kohlenhydratstoffwechsel stehen und die Muskelarbeit vorwiegend auf Kosten des Glykogens geht. Beide Nectosäuren sind bei den Hammerschmieden erhöht, steigen noch im Laufe der Arbeit an.

Somit ist ersichtlich, daß bei schwerer körperlicher Arbeit sich eine dauernde Azidose entwickelt, die hauptsächlich durch Phosphorsäure, gewissermaßen durch die Ketosäuren bedingt ist. Der Milchsäuregehalt steigt zwar an, verschwindet aber sehr rasch aus dem Blut, so daß er die anhaltende Azidose nicht hervorrufen kann.

Was die Gruppe der geistigen Arbeiter, die Lehrer, betrifft, so ist bei ihnen früh morgens die Alkalireserve des Blutes normal, sinkt aber beträchtlich während der Arbeit, um am nächsten Morgen wieder die Norm zu erreichen.

Der Phosphorsäuregehalt des Blutes ist etwas höher als in der Norm, sinkt parallel der Alkalireserve; beträgt am nächsten Morgen den früheren Wert.

Der Milchsäure- und Ketosäuregehalt sind vor der Arbeit normal, verändern sich nicht im Laufe des Tages.

Wenn wir die Resultate der Untersuchungen bei den Lehrern übersehen, so ergibt sich, daß unter dem Einfluß der Arbeit sich eine vorübergehende Azidose, die aber rasch ausgeglichen wird, entwickelt. Die Steigerung des Phosphorsäuregehaltes steht vielleicht in Beziehung zum gesteigerten Zerfall der Phosphatide.

Oberregierungsrat Prof. Dr. HOLTZMANN, Karlsruhe, Badischer Landesgewerbeamt:

Die Messung der Ermüdung des gewerblichen Arbeiters muß in der Praxis erfolgen und großes Zahlenmaterial umfassen. Die Methode zur Messung muß daher so einfach wie möglich gestaltet sein und darf nicht lange Zeit beanspruchen. Auch soll sie das Interesse des Arbeiters wecken. Zweckentsprechend sind einfache Kraftmessungen mittelst Dynamometern, ähnlich wie sie die Nervenärzte verwenden, deren Betätigung besonders die Handmuskulatur beansprucht. Ein Druck vor und nach der Arbeit gibt das Maß der möglichen Kraftanstrengung und damit des Ermüdungszuwachses. Die Versuche müssen wochenlang fortgesetzt werden.

Dr. STEFAN V. ZÁBORSZKY, Budapest. Chefarzt d. Ungarischen Landes-Zentralkasse für Arbeiterversicherung:

In dem „Kampf gegen die Ermüdung“ halte ich drei Momente für wichtig:

1. Um die Technik der Industrie zu rationalisieren, sollen Arzt, Ingenieur und Arbeiterwerkfürher zusammen beaufsichtigen, daß der Arbeiter keine unproduktiven und unnötigen Bewegungen beim Ausführen der Arbeit macht.

Die Bewegungen verbrauchen Energie, und so bringen die nicht notwendigen Bewegungen Energieverlust und damit frühe Ermüdung.

2. Wenn der Arbeiter nur immer dasselbe Teilstück von morgens bis abends anfertigt, z. B. Schrauben feilt, so verliert er die Lust, und da er dann ohne Seele arbeitet, ermüdet er früher.

Daher soll dem Arbeiter der ganze Fabrikationshergang und dessen Produkte erklärt werden, wodurch er erkennen soll, daß auch seine Teilverrichtung — das Feilen der kleinsten Schraube — notwendig und wichtig für das Zustandekommen des Produktes ist. So wird er dann mit Lust

arbeiten, wenn er das Ziel seiner Arbeit sieht und deshalb nicht so früh ermüden.

3. Während der Arbeit entstehen in den Muskelzellen viele schädlichen Stoffwechselschlacken, von denen das Ermüdungsgefühl stammt. Diese Stoffwechselschlacken werden von dem gut funktionierenden Blutkreislauf eliminiert. Daher ist es sehr wichtig, den Arbeiter vom Nikotin- und Alkoholgenuß abzuhalten, der besonders schädlich auf die Herzmuskulatur wirkt.

So schreibt die Lebensregel den Athleten und Ruderern, die in ihrem Wettkampf ihre größte, maximale Muskelkraft verbrauchen, ein Maximum an Muskelkraft, das der Fabrikarbeiter nie erlangt, vor: Alkohol und Nikotin zu meiden.

Auf Grund vorstehender Ausführungen glaube ich, unter Berücksichtigung dieser drei Momente die Ermüdung wirksam bekämpfen zu können.











KOLEKCJA  
SWF UJ

A  
762

WERSJA  
CYFROWA

Biblioteka Gl. AWF w Krakowie



1800062170