



Ergographische Studien.

Aus dem pharmakologischen Institut zu Marburg i./H.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

in der

Medicin, Chirurgie und Geburtshülfe

der

hohen medicinischen Facultät der Universität Marburg

vorgelegt von

Wilhelm Koch,

appr. Arzt,

aus Nidda.



Mit 3 Tafeln.

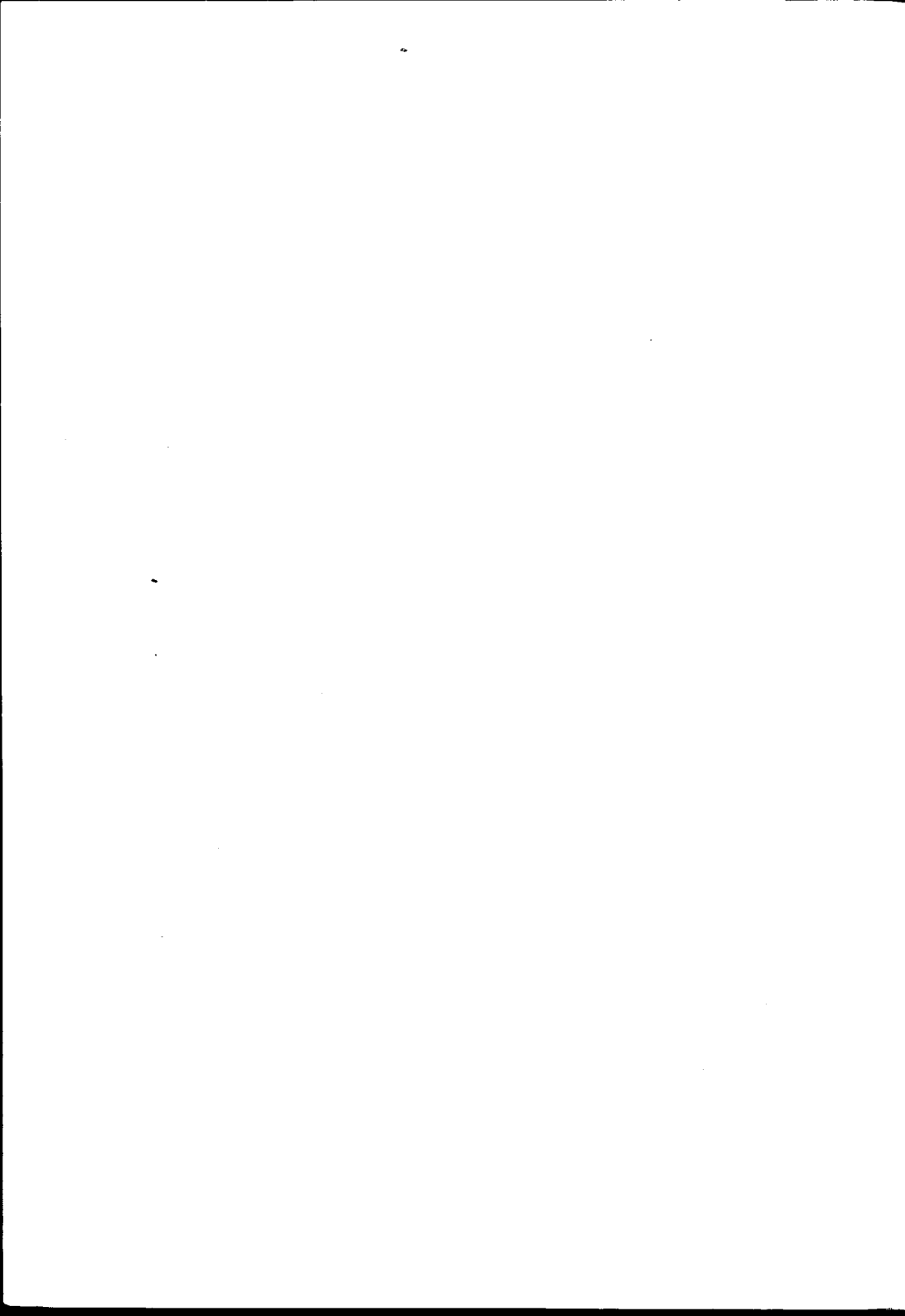
26. IX. 1894.



Marburg.

Oscar Ehrhardt's Buchdruckerei.

1894.



Seiner lieben Mutter

in Liebe und Dankbarkeit gewidmet

vom

Verfasser.



Einleitung.

Die Grundlagen unserer Kenntnisse von der Physiologie der quergestreiften Muskeln sind bekanntlich zum allergrössten Theil durch Untersuchungen an isolirten überlebenden Kaltblütermuskeln gewonnen worden, während an Warmblütern nur verhältnissmässig wenige myologischen Versuche ausgeführt worden sind. Insbesondere ist bisher beim Menschen selbst die Muskelthätigkeit nur von wenigen Forschern gelegentlich und vorübergehend zum Gegenstand experimenteller Untersuchung gemacht worden und zwar fast durchweg mit sehr unvollkommenen Methoden.

Erst seitdem Angelo Mosso¹⁾ gelehrt hat, mit Hilfe seines sinnreich construirten Ergographen die Arbeit einer einzelnen Muskelgruppe am Menschen exact zu messen, ist ein methodisches Studium der Muskelphysiologie des Menschen ermöglicht worden.

Mosso stellte mit Hilfe seines Apparates zunächst fest, dass die aufeinanderfolgenden Contraktionen des arbeitenden Muskels in einer für jedes Individuum charakteristischen Weise regelmässig abfallen und somit eine typische „Ermüdungscurve“ bilden, die selbst

¹⁾ Les lois de la fatigue étudiées dans les muscles de l'homme Arch. Ital. de biologie XIII 123 1890 und Arch. f. Anat. u. Physiol. 1890 p. 89.

nach Jahren, wenn nur unter den gleichen Verhältnissen aufgenommen, ihre bestimmte Form beibehält. Da diese Curve im wesentlichen die gleiche bleibt bei willkürlichen wie auch bei unwillkürlichen, durch galvanische Reizung des Nervus medianus oder des Muskels selbst bewirkten Contraktionen, so folgt, dass die Ursachen für die charakteristische Form der Ermüdungscurve in der Peripherie, im Muskel selbst gelegen sind.

Für die Reizung bediente sich Mosso kurz dauernder, tetanisirender Inductionsströme von untermaximaler Stärke; einzelne Inductionsschläge zeigten sich für den Zweck wenig geeignet. Der aus Thierversuchen bekannte Einfluss der Reizstärke und -dauer sowie des zu hebenden Gewichts auf Zuckungshöhe und Contractur konnte auch am Menschen im wesentlichen bestätigt werden.

Weiter gelang es Mosso, die Ermüdung der motorischen Nervencentren unabhängig von der der Muskeln, und umgekehrt zu verfolgen, und eine Reihe von Einflüssen, wie namentlich psychische Ermüdung darauf zu studiren. Auf zahlreiche Einzelheiten der interessanten Arbeit Mossos kann hier nicht eingegangen werden; ebenso will ich auch von der sich anschliessenden umfangreichen Untersuchung von Dr. Maggiora¹⁾, Mosso's Schüler, nur die wichtigsten Punkte hervorheben: Er constatirte zunächst die Veränderungen, welche die Ermüdungscurve zeigt, wenn man die Grösse des Gewichtes modifizirt, oder wenn man die Frequenz der Muskelcontraktionen ändert. Auch machte er Studien über die Erholung des ermüdeten Muskels und fand dabei, dass die Arbeit, welche ein schon ermüdeteter Muskel ausführt,

¹⁾ Ueber die Gesetze der Ermüdung. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1890 p. 191 u. 342 ff.

auf ihn einen viel schädlicheren Einfluss ausübt, als eine viel grössere Arbeitsleistung unter normalen Bedingungen.

Zur völligen Erholung des erschöpften Muskels fand *Maggiora* eine Ruhezeit von $1\frac{1}{2}$ — 2 Stunden ausreichend. Anämie durch Arteriencompression, vorausgehende Ermüdung anderer Muskelgruppen, (z. B. anstrengende Märsche), anhaltendes Wachen, längeres Fasten beschleunigen sämtlich die Ermüdung des arbeitenden Muskels und zwar ebenso bei künstlicher Reizung wie bei willkürlichen Contractionen, also jedenfalls nicht allein durch centrale Beeinflussung; Nahrungszufuhr, Massage bewirken sehr rasche Erholung. Eine andere wichtige Thatsache wurde ferner von *Warren P. Lombard*¹⁾ festgestellt, nämlich, dass bei frequenten Hebungen grosser Gewichte sich nach scheinbar völliger Erschöpfung bereits in 1 — 2 Minuten wieder relative Erholung einstellt und sich dieses Spiel von Erholung und Erschöpfung unter allmählicher Abnahme der Leistungen bis zur definitiven Ermüdung periodisch wiederholt. Diese Periodik in der Ermüdung tritt indes nur bei willkürlichen, nicht aber auf künstliche Reizung erfolgenden Contractionen auf, beruht also auf Vorgängen im Centralnervensystem.

Drei Jahre später hat *W. P. Lombard* seine ergographischen Studien an sich selbst weiter fortgesetzt²⁾ und unter andern den Einfluss der Tageszeit auf die Höhe der Arbeitsleistung festgestellt, indem er mit Zugrundelegung der von *Maggiora* als ausreichend constatierten Erholungszeit alle 2 Stunden Ermüdungscurven aufnahm und die jeweilig geleistete Arbeit bestimmte. Dabei stellte sich heraus, dass im Allgemeinen am

¹⁾ Arch. ital. de biol. XIII 371 1890 und Journ. of Physiol. XIII 1 2. p. 1. 1892.

²⁾ l. c.

Morgen die Arbeitsleistung grösser war als am Abend, und zwar lag das Maximum in der Regel um 10h. Vormittags, das Minimum 4 Uhr Nachmittags. Ausnahmen in diesem Verhalten wurden jedoch auch beobachtet.

Fernerhin prüfte W. Lombard den Einfluss der Nachtwache und des Essens auf die Ermüdungscurve. Er fand stets nach der Nahrungsaufnahme eine Zunahme der mechanischen Arbeit, wie auch schon A. Mosso und A. Maggiora angegeben hatten. Allein dieser steigende Einfluss der Mahlzeit konnte die Ermüdung nicht erheblich verzögern, weil er ja nur ein zeitweiliger war. — Einen wie bedeutenden Einfluss aber eine Mahlzeit auf die Kraftzunahme eines Individuums, welches einen ganzen Tag gefastet hat, ausübt, hatte früher schon A. Maggiora sehr sorgfältig erforscht.

Auch über die Wirkung der Uebung auf die Ermüdungscurve hat W. Lombard sehr genaue Studien durch allmähliche Steigerung des Gewichtes gemacht, indem er die Versuche mit 2 Klgrm. begann und mit einem Gewichte von 5 Klgrm. enden liess. — Er fand in allen Serien der Ermüdungscurven, welche mit 2, 3, 4 und 5 Kilogrammen aufgezeichnet wurden, dass die geleistete Arbeit anfangs gering war, dann aber mit der Zeit an Grösse zunahm. Es folgt also hieraus in Uebereinstimmung mit der täglichen Erfahrung, dass die Uebung einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Ermüdungscurve eines arbeitenden Muskels ausübt, oder mit anderen Worten: in einem an Arbeit gewohnten Muskel wird nicht so schnell die Ermüdung auftreten, wie in einem an Arbeit nicht gewohnten. —

In allen diesen Versuchen fand P. Lombard, dass die Ermüdung des Centralapparates früher auftritt, als die des arbeitenden Muskels mit seinen zugehörigen Nerven. —

Erhöhung des Luftdruckes hatte in der Regel einen steigenden, Erhöhung der Temperatur einen verminderten Einfluss auf die Muskelkraft, letzteres insbesondere bei grossem Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

Auch über den Einfluss einiger pharmakologischen Agentien, des Alkohols und des Tabaks, hat Lombard einige Versuche angestellt. Alkohol in kleinen Mengen schien ihm die Muskelarbeit, soweit sie vom Centralnervensystem abhängt, erheblich zu verstärken, bei der durch galvanische Reizung bewirkten Thätigkeit dagegen ein wenig abzuschwächen; umgekehrt veranlasste Rauchen einer mittelschweren Cigarre jedesmal erhebliche Minderung der willkürlichen Muskelarbeit, während die durch peripheren Reiz veranlasste unverändert blieb. Die Versuche über den Alkohol sind insofern nicht ganz einwandfrei, als dazu nicht reiner, mit Wasser verdünnter Alkohol, sondern Getränke wie Whisky und Claret verwandt wurden, deren sonstige Bestandtheile (Aetherarten etc.) die Ermüdung ebenfalls beeinflussen können. Auch werden meine Versuche zeigen, mit wie grosser Vorsicht ergographische Experimente dieser Art beurtheilt werden müssen. — Auf einige allgemeinen Betrachtungen des Autors will ich nicht weiter eingehen.

In Bezug auf die Tagesschwankungen der Ermüdungscurven ist übrigens Bugoslawski ¹⁾ zu anderen Resultaten gelangt, sofern er das Minimum der Arbeitsleistung in der Morgenstunde um 8 Uhr, das Maximum 1 bis 2 Uhr nachmittags verzeichnete: nach ihm bildet der Schlaf ein zunächst schwächendes Moment für die Muskeln, da letztere unmittelbar nach dem Erwachen schneller ermüdeten als später. — Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte

¹⁾ Die Curve der Muskelermüdung beim Menschen unter dem Einfluss verschiedener Bedingungen. Dissert. Petersburg, 1891. Bespr. Schmidts Jahrb. 1892 No. 5 S. 116.

Patrici¹⁾, der einen fast vollständigen Parallelismus zwischen Höhe der Arbeitsleistung und Körpertemperatur feststellen konnte und das Minimum beider in den ersten Morgenstunden, das Maximum Nachmittags — übrigens unabhängig von der zeitlichen Vertheilung der Mahlzeiten — fand.

Weiter habe ich die kürzlich erschienene Arbeit von Ugolino Mosso²⁾ „Action des principes actifs de la noix de Kola sur la contraction musculaire“ zu erwähnen. U. Mosso wandte bei seinen Untersuchungen zuerst sehr fein gepulverte Colanüsse, mit ihren vollständigen Bestandtheilen, an, und zwar nahm er 5 g. davon auf einmal ein. Er fand, dass die nach Aufnahme des Colapulvers geleistete mechanische Arbeit in der ersten Stunde 4–5 mal so gross war, wie die Arbeit, welche vor der Aufnahme des Pulvers geleistet wurde, und dann in den nächsten Stunden gradatim abnahm. — Es erstreckte sich somit das Maximum der geleisteten Arbeit auf die erste Stunde. —

Hierauf untersuchte er die Wirkung von Coffein und sah, dass die Quantität von Coffein, welche der in 5 g. Colapulver enthaltenen entspricht, dieselbe Steigerung der Arbeit bewirkte wie Colanüsse, d. h. dass das Coffein die mechanische Arbeit in der ersten Stunde um das Vierfache vermehrt.

Weiterhin studirte U. Mosso die Wirkung der von Coffein durch Extraction befreiten Colanüsse. Die hiermit angestellten Versuche ergaben ebenfalls eine Zunahme

¹⁾ M. L. Patrici oscillations quotidiennes du travail musculaire en rapport avec la température du corps. Arch. ital. de biol. XVII p. 131. 1892.

²⁾ U. Mosso. Action des principes actifs de la noix de Kola sur la contraction musculaire. Arch. ital. de biol. XIX p. 241. 1893.

der mechanischen Arbeit, welche jedoch nur ungefähr doppelt so gross war, als die vor der Aufnahme.

Weiter untersuchte Mosso die Wirkung des in den Colanüssen enthaltenen „Colaroth's“ und fand es selbst zu 15 g. unwirksam. Dagegen erwies sich wiederum das von Coffein und Colaroth befreite Colapulver als muskelstärkend. Ein wässeriges Colaextract zu 1,5 g. eingenommen vermehrte etwas die Muskelkraft, während das mit Wasser wiederholt ausgelaugte Colapulver alle Wirkung verloren hatte. Mit Rücksicht auf den hohen Gehalt der Colanüsse an Stärke (33 % nach Heckel und Schlagdenhauffen) prüfte nun Mosso auch die Wirkung reiner Stärke und fand, dass nach dem Genuss von 5 g. derselben sich die Muskelkraft merklich, nach 10 g. sogar sehr erheblich vermehrte, während Trinken von 200 ccm. Wasser ohne Einfluss blieb. Diese sehr auffallenden Resultate U. Mosso's veranlassten mich zu einer Nachprüfung, über die weiter unten berichtet werden soll.

Eigene Versuche.

Meine Versuche, die ich auf Veranlassung des Herrn Professor Dr. H. Meyer und unter der besonderen Aufsicht von Herrn Dr. von Sobieranski, Assistenten des Instituts, angestellt habe, erstreckten sich auf die Feststellung der normalen Tages-Ermüdungscurve, auf den Einfluss von psychischen Momenten, von Wassertrinken, von Cocain- und von Coffein-Genuss.

Indes beschränken sich alle meine Experimente auf das Studium der willkürlichen, vom Centralnervensystem veranlassten Muskelarbeit; alle Abweichungen von der Norm, welche ich unter gewissen Einflüssen an der Ermüdungscurve constatiren konnte, sind daher im wesentlichen auf Aenderung der Centralnerven-Function zu beziehen, zumal diese allen Einwirkungen überhaupt sehr viel rascher und intensiver unterliegt als die Functionen der gröberen peripheren Bewegungs-Apparate.

Methode.

Princip und Einrichtung des Mosso'schen Ergographen darf als bekannt vorausgesetzt werden. W. P. Lombard¹⁾ hat später eine Modification des Apparates angegeben, die im wesentlichen darin besteht, dass die schreibende Feder nicht horizontal in einer Schlittenführung läuft, sondern an einem, oben fixirten, Gummi-

¹⁾ Journ. of Physiol. XIII. 1892.

bande neben der Kymographiontrommel hängt und durch einen um eine Rolle laufenden beliebig langen Faden mit der Zugschnur, an der das zu hebende Gewicht befestigt ist, in Verbindung steht; jede Hebung des Gewichtes bewirkt eine genau entsprechende verticale Bewegung der Feder. Diese Anordnung bietet den Vortheil, an einer Trommel gleichzeitig zwei Ergographen (beide Arme der Versuchsperson) schreiben lassen zu können. Ferner hat Lombard, um nicht in jedem Versuche die geleistete Muskel-Arbeit durch mühsame Ausmessung der gewonnenen Diagramme bestimmen zu müssen, einen automatischen „Bandrecorder“ construirt, indem an einem graduirten, um zwei Rollen laufenden unendlichen Bande, das beim jedesmaligen Heben des Gewichtes mitgenommen wird, die Summe der Hubhöhen direct abgelesen werden kann. Zu meinen Versuchen stand mir ein nach Lombard's Modell von dem hiesigen Mechaniker Herrn Böhler gebauter Ergograph zur Verfügung; nur war an Stelle des wenig genau arbeitenden „Bandrecorders“ ein von Herrn Dr. von Sobieranski construirtes Räderzählwerk getreten, das an Exactheit und Sicherheit des Registrirens nichts zu wünschen übrig lässt; der kleine Apparat besteht in folgendem:

Auf der Axe der Rolle, um welche die Zugschnur (Darmseite) des Ergographen läuft, ist eine graduirte, am Rande fein gezähnte Scheibe mit Reibung aufgesetzt, derart, dass sie bei Drehung der Rolle in der Zugrichtung mitgenommen, in der entgegengesetzten Richtung aber durch einen an der Zähnelung angreifenden Sperrhaken zurückgehalten wird. Bei jeder vollständigen Umdrehung dieser Scheibe wird von ihr durch einen Stift eine zweite kleinere Scheibe um einen Zahn gedreht, so dass an dieser letzteren nach Ablauf eines Versuches die Zahl der ganzen Touren der grossen Scheibe, an



dieser selbst aber noch die Bruchtheile der Umdrehung auf 1 mm. genau abgelesen werden können.

Da der Umfang der Schnurrolle 200 mm. beträgt, die Frictionsscheibe dem entsprechend in 200 Theile eingetheilt ist, so bedeutet ein Theilstrich: Abwicklung der Schnur, d. h. Hebung des Gewichtes um einen Millimeter.

Befestigt man den Faden, der an der aufgehängten Schreibfeder ziehen soll, mit seinem anderen Ende entfernt vom Gewicht an der Zugschnur, wie es Lombard gethan hat, so erhält man wegen der Dehnbarkeit und Elasticität der letzteren oft noch Bewegungen der Schreibfeder, wenn schon das Gewicht durch den ermüdeten Finger gar nicht mehr gehoben, sondern nur die Schnur noch etwas angespannt wird. Um diese Scheinhebungen in der Curve zu vermeiden, haben wir den Faden direct an das Gewicht geknüpft, so dass nun die Bewegungen des letzteren allein sich auf die Feder übertragen mussten.

Anfangs arbeitete ich, um zunächst eine gewisse Uebung und Gleichmässigkeit in der Arbeit zu erreichen, mit Gewichten von 3 und $3\frac{1}{2}$ Kilo und ging dann aus Zweckmässigkeitsgründen zu grösseren Gewichten über. Da nämlich bei einer Belastung von 3 bis 4 Kilogrammen die Zeit, welche die Aufzeichnung einer vollständigen Ermüdungcurve in Anspruch nahm, sehr lange dauerte (mitunter $1\frac{1}{2}$ Stunden), so wurde bei den meisten Experimenten ein Gewicht von 5 Kilo angewandt.

Aus zahlreichen Versuchen stellte es sich heraus, dass die mit dem Gewichte von 5 Klgr. geleistete mechanische Arbeit ziemlich beträchtlichen Schwankungen unterlag. So wurde mitunter zwischen der am vorhergehenden und der am folgenden Tage genau um dieselbe Stunde geleisteten Arbeit eine Differenz von 8—10 Kilogramm-metern beobachtet. — Im Durchschnitt jedoch betrug die

geleistete mechanische Arbeit 39,911 oder rund 40 Kilogramm-meter, in der Regel auf ca. 17 Segmente vertheilt.

Schon bei diesen Vorversuchen konnten wir die Beobachtung machen, dass eine sehr grosse Rolle psychische Einflüsse auf die willkürliche Muskelthätigkeit des Menschen spielten und daher bei allen folgenden, namentlich den die Wirkung pharmakologischer Agentien betreffenden myographischen Untersuchungen besonders beachtet und in Rechnung gezogen zu werden verlangten.

1. Ueber die Schwankungen der ergographischen Tagescurve.

Sehen wir von den Veränderungen, welche durch atmosphärische Momente in dem Ablauf der Ermüdungscurve des menschlichen Muskels verursacht werden, ab, so erkennen wir aus den Arbeiten von Maggiora, Lombard, Bugoslawsky, dass unter Anderem die Beeinflussung durch Mahlzeiten ein wichtiges Moment bei den Veränderungen der Tagescurve zu bilden scheint, während Patrici den Einfluss derselben ganz in Abrede stellt. Ich bin nun auf Grund meiner eignen bisher angestellten Versuche zunächst nicht in der Lage, die von W. O. Bugoslawsky gemachte Angabe bestätigen zu können, wonach die grösste Arbeitsleistung in die Nachmittagsstunden zwischen 1 und 2 Uhr, die geringste Arbeit am Morgen zwischen 8 und 9 Uhr fallen soll. Ich finde bei mir gerade das umgekehrte Verhältniss: Von mir wird immer am Morgen um 8 Uhr, nachdem ich die Nacht gut ausgerulit habe, die grösste Ermüdungscurve geschrieben, d. h. die grösste mechanische Arbeit geleistet. Hierauf tritt eine stetige Kraftabnahme in jeder folgenden Ermüdungscurve bis nach 12 Uhr mittags auf. —

Ich zeichnete von 8 Uhr morgens bis 8 Uhr Abend jede zweite Stunde eine vollständige Ermüdungscurve

auf, deren Zeitdauer im Durchschnitt dreiviertel Stunden betrug. Die zweistündigen Fristen wurden von mir und von Lombard mit Rücksicht auf die oben erwähnten Untersuchungen von Maggiora über die „ausreichende Erholungszeit“ gewählt.

Auf diese Weise wurden sieben Ermüdungscurven aufgeschrieben. — Wenn wir nun die durch diese Curven geleisteten mechanischen Arbeiten mit einander verglichen, so fanden wir, dass immer nachmittags, gleich nach dem Essen die Grösse der Ermüdungscurve, d. h. der geleisteten Arbeit, zunahm, ohne jedoch die Grösse der ersten Curve (morgens um 8 Uhr) zu erreichen. Eine Ausnahme hiervon konnte nur einmal wahrgenommen werden. — Die nächst folgenden 2stündlich aufgeschriebenen Curven nahmen dann gewöhnlich wieder an Grösse ab. Nur machte sich noch einmal bei der letzten Curve, welche um 8 Uhr abends, direct nach dem Abendessen aufgezeichnet wurde, eine bemerkbare Steigerung geltend.

Um eine bessere Vorstellung und ein klareres Verständniss von den eben geschilderten Verhältnissen zu erhalten, will ich hier zwei Protokolle von diesen Experimenten folgen lassen.

Protokoll vom 7./2. 94.

Am 7./2. 94 nehme ich von 8 Uhr morgens bis 8 Uhr abends jede 2 Stunden eine vollständige Ermüdungscurve auf. — Alle 2 Secunden eine Hebung; nach der Aufzeichnung von je einem Segment tritt eine Ruhepause von 2 Minuten ein. — Die Belastung beträgt 5 Kgrm. —

Die mechanische Arbeit der einzelnen aufeinanderfolgenden Segmente sowie ihrer Summen in Kilogrammmetern ausgedrückt, ergibt folgende Beträge:

Curve Nr. I. (8 h. 4 M. — 8 h. 54 M. 18 Sec.) In **18 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 38,465 Kgrm.** und zwar einzeln: 3.580; 4.535; 4.860; 2.175; 3.020; 1.715; 3.155; 3.585;

2,150; 0,995; 1,805; 1,780; 1,260; 1,215; 1,010; 0,580; 0,510; 0,205.

Curve II. (10 h. 4 M. — 10 h. 46 M. 10 Sec.) In **15 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 27,035 Klgrm.** und zwar: 3,890; 3,360; 2,115; 2,040; 2,380; 2,215; 2,025; 2,280; 1,905; 1,500; 1,575; 0,840; 0,550; 0,235; 0,125.

Curve III. (12 h. 4 — 12 h. 42 M. 50 Sec.) In **15 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 25,618 Klgrm.**, einzeln: 3,100; 2,960; 2,045; 2,150; 1,945; 1,835; 1,695; 0,730; 2,885; 1,835; 1,430; 1,565; 0,875; 0,230; 0,135.

Curve IV. (2 h. 4 M. — 2. h. 59 M. 10 Sec.) [$\frac{1}{2}$ Stunde nach dem Mittagessen.] In **20 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 40,140 Klgrm.**, einzeln: 4,110; 3,265; 2,835; 2,650; 2,355; 2,230; 2,315; 2,275; 2,050; 2,295; 1,990; 1,980; 1,665; 1,760; 1,715; 1,505; 1,330; 0,670; 0,990; 0,110.

Curve V. (4 h. 3 M. — 4 h. 47 M. 23 Sec.) In **17 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 25,822 Klgrm.**, einzeln: 3,565; 2,445; 1,140; 1,860; 1,930; 1,755; 1,880; 1,615; 1,590; 1,830; 1,525; 1,440; 1,115; 1,290; 0,680; 0,340; 0,145.

Curve VI. (6 h. 4 M. — 6 h. 45 M. 13 Sec.) In **15 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 26,608 Klgrm.**, einzeln: 2,668; 2,860; 2,690; 2,365; 2,095; 2,135; 1,945; 1,980; 2,075; 1,845; 1,625; 1,465; 0,520; 0,180; 0,150.

Curve VII. (8 h. 4 M. — 8 h. 45 M. 5 Sec.) [$\frac{1}{2}$ Stunde nach dem Abendessen.] In **15 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 30,126 Klgrm.**, und zwar einzeln: 3,950; 2,955; 2,795; 2,665; 2,425; 2,285; 2,245; 2,165; 2,140; 2,045; 1,180; 1,500; 0,895; 0,225; 0,115.

Protokoll vom 21./2. 94.

Am 21./2. 94 nehme ich von 8 Uhr morgens an bis 8 Uhr abends jede zweite Stunde eine vollständige Ermüdungscurve auf; alle 2 Sec. eine Hebung; die Ruhepause zwischen den einzelnen Segmenten beträgt 2 Min. — Das Gewicht = 5 Kilo.

Die mechanische Arbeit der einzelnen aufeinanderfolgenden Segmente und ihrer Summen ergibt in Kilogramm Metern ausgedrückt folgende Beträge:

Curve I. (8 h. 4 M. — 8 h. 59 M. 46 Sec.) In **15 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 56,190 Klgrm.**, und zwar einzeln:

9,730; 8,035; 5,540; 3,755; 3,305; 4,075; 3,610; 3,085; 3,335; 2,940; 2,260; 1,375; 0,415; 0,190.

Curve II. (10 h. 5 M. — 11 h. 29 M. 48 Sec.) In **20 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 54,560 Klgr.**, und zwar einzeln: 7,345; 4,635; 3,635; 3,665; 3,525; 3,540; 3,235; 3,080; 2,965; 2,695; 2,905; 2,730; 2,640; 2,250; 2,345; 1,660; 0,595; 0,230; 0,180; 0,105.

Curve III. (12 h. 6 M. — 12 h. 31 M. 38 Sec.) In **10 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 19,145 Klgrm.**, und zwar einzeln: 5,410; 3,215; 2,865; 2,575; 1,995; 1,645; 0,880; 0,165; 0,360; 0,095.

Curve IV. (2 h. 5 M. — 2 h. 56 M. 55 Sec.) [1/2 Stunde nach dem Mittagessen.] In **19 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 44,915 Klgrm.**, und zwar einzeln: 5,385; 3,175; 3,180; 3,060; 3,555; 3,240; 2,845; 2,755; 2,195; 2,305; 2,505; 2,275; 1,920; 2,190; 1,975; 1,235; 0,830; 0,275; 0,115.

Curve V. (4 h. 5 M. — 4 h. 53 M. 40 Sec.) In **17 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 38,015 Klgrm.**, und zwar einzeln: 5,355; 3,415; 2,960; 2,930; 3,200; 1,990; 2,520; 1,810; 2,435; 2,195; 1,985; 2,500; 1,985; 1,490; 0,740; 0,400; 0,105.

Curve VI. (6 h. 1 M. — 6 h. 41 M. 45 Sec.) In **15 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 30,072 Klgr.**, und zwar einzeln: 5,185; 3,220; 3,555; 1,275; 2,085; 2,275; 2,130; 3,145; 1,080; 1,925; 1,305; 1,375; 0,895; 0,400; 0,220.

Curve VII. (8 h. 8 M. — 8 h. 54 M. 35 Sec.) [1/2 Stunde nach dem Abendessen.] In **17 Segmenten** betrug die **Gesamtleistung 38,580 Klgrm.**, und zwar einzeln: 4,725; 3,125; 2,625; 2,475; 2,420; 2,535; 2,615; 2,830; 3,050; 2,440; 2,420; 2,450; 2,465; 1,470; 0,395; 0,320; 0,220.

Aus allen diesen Experimenten ergab sich folgendes Resultat:

- 1) dass das Maximum der geleisteten mechanischen Arbeit beinahe constant morgens zwischen 8—9 Uhr fiel;
- 2) dass das Minimum aber mittags, direct nach 12 Uhr oder nachmittags in der Zeit zwischen 4—6 Uhr auftrat.

Wenn meine gewonnenen Resultate mit den von Bugoslawsky gefundenen nicht übereinstimmen, so kann die Ursache hiervon einmal in persönlichen individuellen Verhältnissen, dann aber vielleicht noch mehr,

wovon ich wenigstens überzeugt bin, in der verschiedenen Art und Weise des Lebens, wie es in Russland und hier bei uns geführt wird (andere zeitliche Vertheilung der Mahlzeiten etc.), gesucht werden. — Ebenso können meine Curven auch nicht als eine Bestätigung von Patrici's Angaben gelten; im Gegentheil lassen sie deutlich den kräftigenden Einfluss von Schlaf und Essen, ähnlich wie es auch Lombard fand, erkennen, mit dessen Tagescurven die meinen im grossen und ganzen Uebereinstimmung zeigen.

Da ebenso wie bei Lombard auch in meinen Versuchen der kräftigende Effekt des Essens sich schon ganz kurz ($\frac{1}{2}$ Stunde und weniger) nach Einnahme der Mahlzeit einstellte, wo die Verdauung und die Resorption von Nährstoffen kaum begonnen haben konnten, so dürfte dieser stärkende Einfluss zum grössten Theil auf indirekte Wirkungen, Circulations- und Sekretions-Aenderung in den Abdominal-Organen ¹⁾, Reflexen, Beseitigung des Hungergefühls u. dgl., zum allergeringsten aber auf Zufuhr von Nährmaterial zum Gehirn und den Muskeln zurückzuführen sein.

2. Ueber den Einfluss der Psyche auf die Ermüdungscurve.

Wie wir schon früher bemerkt haben, stellte es sich bei unseren Versuchen heraus, dass der psychische Einfluss auf die mechanische Arbeitsleistung des Muskels als ein nicht zu unterschätzendes Moment anzusehen ist. Wir haben nämlich öfters während des Experimentirens die Beobachtung gemacht, dass die Curve, welche einen sonst immer ziemlich regelmässigen Verlauf zeigte, durch einen

¹⁾ vgl. Mosso (Diagnostik des Pulses): alsbald nach der Nahrungsaufnahme Verstärkung des Herzschlages, Steigerung des Blutdrucks etc.

unerwarteten Besuch oder durch ein Gespräch stets in einem höheren oder geringeren Grade stark beeinflusst wurde. Aus diesem Grunde nun sahen wir uns veranlasst, dieses Moment einer genaueren Betrachtung zu unterziehen. Es ist von vornherein wahrscheinlich, dass psychische Momente in zwei Richtungen auf uns einwirken, einmal eine Zunahme unserer Muskelkraft, das andere Mal eine Abnahme derselben bewirken können; beides habe ich in der That an mir beobachten können. Wenn ich eine Serie von Ermüdungscurven in Intervallen von je zwei Min. bis zur anscheinend völligen Erschöpfung aufgezeichnet hatte, gelang es regelmässig durch Ermunterung, Zuruf oder auch energische Aufforderung zu weiterer Arbeit ohne Erholungspause eine neue, wenn schon erheblich kleinere Serie von Gewichtshebungen zu erzielen und oft sogar ebenso noch ein zweites Mal, allerdings mit noch geringerem Erfolge, bis schliesslich keine Anregung der Willenskraft irgend welcher Art mehr etwas vermochte.

Sehr viel wirksamer aber als diese ausserordentliche Inanspruchnahme der bewussten Willensthätigkeit erwiesen sich suggestive Einflüsse. Ich will hier folgendes Beispiel anführen:

„Nachdem ich die erste vollständige Ermüdungscurve aufgenommen hatte, wurden mir sofort 3 Boluspillen zum Einnehmen verabreicht. — Ich nahm die Pillen, übrigens ziemlich widerwillig, auf, in dem Glauben, dass mir irgend eine Arznei in denselben verabreicht werde. — Danach liess ich wie bisher eine Pause von 2 Min. verstreichen und schrieb nun wieder eine vollständige Ermüdungscurve auf. Der Erfolg war ein sehr auffallender, denn die durch die vorausgegangene Leistung erschöpfte Arbeitskraft nahm sofort wieder so erheblich zu, dass ich im Stande war, noch eine Curve

zu schreiben, die zur vorangehenden Normal-Ermüdungs-curve ungefähr in einem Verhältniss von 2:3 stand. — Diese Leistung muss unbedingt dem rein psychischen Einflusse zugeschrieben werden, da die völlig indifferente Pillenmasse selbstverständlich gar keine chemische und kaum eine mechanische Wirkung ausüben konnte.

Solche Versuche wurden stets mit dem gleichen Erfolge wiederholt und zwar nicht allein mit Boluspillen, sondern auch ebenso mit Brodpillen, und — mit Rücksicht auf die oben erwähnten Experimente von Ugolino Mosso — auch mit Pillen aus Stärke; das Resultat war immer dasselbe, einerlei, ob ich von der betreffenden Substanz 0,5, 1,0 oder 5 g. eingenommen hatte.¹⁾

Dass die hierdurch hervorgerufene Muskelarbeit die Höhe der vorausgegangenen in der normalen Ermüdungs-curve beschriebenen niemals erreichte, sondern im besten Falle etwa zweidrittel davon betrug, sei hier besonders hervorgehoben. Jedoch liess sich durch erneuten psychischen Einfluss sofort wieder ein neuer, freilich schon sehr viel kleinerer Arbeitseffect erzielen und so oft noch ein drittes, viertes und im maximum auch noch ein fünftes Mal. Dabei war das Verhältniss der so gewonnenen Curvenintegrale, wie wir es öfters beobachteten, circa wie 1:0,66:0,3. —

In einer späteren Versuchsreihe, als ich, aus hier nicht anzugebenden Gründen, unter dem Drucke gemüthlicher Depression stand, fiel die Wirkung dieser suggestiven Einflüsse viel geringer aus.

Es bedarf nicht besonderer Betonung, dass es sich bei den geschilderten Erscheinungen lediglich um Zustandsänderungen im Centralnervensystem handelt. Dass dieses bei den ergographischen Versuchen viel schneller ermüdet als die motorischen Nerven und die Muskeln,

¹⁾ Vergl. Curve I und II der beigegebenen Tafeln.

aber auch in ungemein kurzer Ruhezeit sich wieder fast vollständig erholen kann, haben schon die Versuche von Mosso und von Lombard festgestellt. Meine Experimente nun scheinen ferner noch zu beweisen, dass bei dem normalen Spiel der Willensimpulse das Centralnervensystem sich überhaupt nie complett erschöpft, sondern auch bei subjectiv empfundener völliger Ermüdung immer noch einen gewissen Energierückstand behält, der durch psychische Einwirkungen hervorgeholt und ausgenutzt werden kann. Dementsprechend beobachteten wir auch, dass

- 1) die durch psychischen Einfluss verursachte Mehrarbeit rasch erlahmte;
- 2) die psychischen Beeinflussungen nicht oft hintereinander mit Erfolg wiederholt werden konnten.

3. Ueber die Wirkung verschiedener pharmakologischen Agentien auf die freiwillige Muskelcontraction beim Menschen.

a) W a s s e r.

Zu einer genauen Untersuchung des Wassertrinkens auf die willkürliche Muskelarbeit wurde ich durch die gelegentliche Beobachtung geführt, dass im Verlauf eines normalen Ermüdungsversuches nach dem Trinken von ein paar Schluck Wasser die Höhe der folgenden Contractionen höher wurden und demgemäss auch die mechanische Arbeit an Grösse zunahm. — Da sich diese Erscheinung in mehreren Experimenten wiederholte, so schien mir dieser offenbar ganz constant erfolgende Effect des Wassers auf die Muskelthätigkeit einer genaueren Prüfung werth. Ich nahm auch hierbei, wie in der ersten Versuchsreihe, zuerst eine vollständige Ermüdungscurve, d. h. bis vollständige Ermüdung der Muskeln eingetreten war, auf; hierauf trank ich in einer Pause von 2 Minuten

ein Glas kaltes Wasser und schrieb dann sofort mit dem Ergographen eine neue Curve. — Diese Experimente wiederholte ich mehrmals, und zwar anfänglich in der Erwartung, auch mit Wasser mehrere Curven von einer gewissen Aehnlichkeit, im Bezug auf Höhe der Contraction, Grösse u. s. w. und ebenso auch eine wenigstens sich ziemlich gleichbleibende mechanische Arbeitsleistung zu erhalten. Allein, ich sollte in dieser Erwartung getäuscht werden: Es stellte sich nämlich bei allen meinen Experimenten heraus, dass der Erfolg durchaus nicht immer der gleiche war. Denn es fand sich, dass zuweilen die geleistete Mehrarbeit ziemlich gross war, (6,98—10,67 Klgmmtr.) öfters aber nur einen sehr geringen Betrag ausmachte (0,555—0,695 Klgmmtr.).

Die infolge der Einwirkung des Wassers gewonnene Leistung war am grössten, wenn ich nach eingetretener Ermüdung gerade Bedürfniss nach Wasser hatte.

Als Beispiel will ich die beiden folgenden Versuchsprotokolle in abgekürzter Form, d. h. mit Fortlassung der einzelnen Segment-Zahlen anführen:

Versuch am 13. Februar 1894.

Belastung 5 Kilo. Alle 2 Sec. eine Hebung, Pause von 2 Min. nach jedem Ermüdungssegment.

Beginn 11 h. 25 m. Die Ermüdungscurve umfasst **20 Segmente** mit zusammen **52,805** Kilogrammmetern; nach 1 Min. 5 g. Amylpillen eingenommen; darauf von 12 h. 25 m. an:

12 Segmente mit **21,220** Kilogrammmetern. Jetzt, um 1 h. 3 m. 40 Sec. ein Glas Wasser getrunken; darauf noch **2 Segmente** mit **0,555** Kilogrammmetern geleistet.

Versuch am 20. Februar 1894.

Bedingungen wie in dem vorgehenden Versuch, jedoch vorher ein längerer Spaziergang gemacht.

10 h. 30 m. Ermüdungscurve von **17 Segmenten** mit zusammen **49,140 Kilogrammmetern**; am Schluss dieser Curve ein Glas Wasser getrunken:

11 h. 25 m.: Leistung: **6 Segmente** mit **2,130 Kilogrammmetern**.

Wenn es mir nun durch meine Experimente nicht gelungen ist, hierbei einen constanten Effect zu erzielen, so spielt da vielleicht der Umstand eine Rolle, dass das Bedürfniss meines Organismus an Wasser jeweilig verschieden war, ebenso der Grad der Ermüdung. War letzterer sehr hoch, so wirkte das Wasser um so erfrischender und kräftigender. Auch will ich nicht unerwähnt lassen, dass bei anderen Personen, welche sich derartigen Versuchen unterzogen, diese Wirkung nicht in gleicher Weise zum Vorschein kam. So trat z. B. bei Dr. W. v. Sobieransky diese Wirkung viel eclatanter und ergiebiger auf als bei mir und auch als bei dem Institutsdiener Kröger. Nach einer genauen Vergleichung der von uns geleisteten mechanischen Arbeit fand es sich, dass meine Leistung nach Wassertrinken ungefähr in der Mitte der Leistungen von beiden eben genannten Personen stand. Dagegen trat bei Herrn Professor Meyer die Wirkung des Wassers ausgesprochen auf, aber sie verschwand auch schon nach wenigen Contractionen. —

Zur Erklärung dieser rasch erscheinenden und schwindenden, dem Grade nach bei verschiedenen Personen sehr verschieden, ja bei derselben Versuchsperson je nach Umständen sehr wechselnd auftretenden „kräftigenden“ Wirkung des getrunkenen kalten Wassers

dürften in erster Linie reflectorisch durch den thermischen und mechanischen Reiz auf die Mund- und noch mehr auf die Magenschleimhaut hervorgerufene Aenderungen der Blutvertheilung zu vermuthen sein; bei der grossen Masse von Blut, die in den Abdominalgefässen enthalten ist, ist es erklärlich, dass schon sehr geringe Schwankungen in der Weite der letzteren einen merklichen Einfluss auf die Blutzufuhr zum Gehirn und dem übrigen Organismus haben können. Ob neben den die Blut-circulation und die Peristaltik des Magens und Darms betreffenden, im wesentlichen localen Wirkungen des Wassers auch noch allgemeine — etwa Blutverdünnung — in Frage kommen, erscheint sehr zweifelhaft und höchstens für die Fälle denkbar, wo hochgradiger Durst, also wirklicher Wassermangel bestand und auf die Muskelarbeit schädigend influirte.

Als Resultat dieser Versuche mit Wasser ergibt sich:

- 1) Trinken von kaltem Wasser hat einen unverkennbaren kräftigenden Einfluss auf die willkürliche Muskelarbeit.
- 2) Dieser Einfluss ist aber dem Grade nach sehr ungleich sowohl bei derselben Versuchsperson als auch überhaupt bei verschiedenen Personen.

b) C o c c a i n.

Unter allen pharmakologischen Agentien, welche erfahrungsgemäss einen grossen erholenden Einfluss auf die Ermüdung ausüben, ist bekanntlich das Cocain eins der stärksten. — Nach übereinstimmenden Berichten verleiht der Genuss der Cocablätter den Einwohnern in den westlichen Theilen von Südamerika, den Hochländern von Bolivia und Peru, die Fähigkeit, in erstaunlicher Weise die Qualen des Hungers und Durstes zu betäuben und ihre Arbeitsenergie aufs höchste auszunutzen.

Es war mir daher von besonderem Interesse, die stärkende Wirkung des Cocains mit messender Methode zu untersuchen und mit anderen, die Muskelarbeit beeinflussenden Momenten zu vergleichen. — Es konnte nun, den gehegten Erwartungen entsprechend, in der That eine beträchtliche Steigerung der Arbeitsleistung durch Cocain in einer ganzen Reihe von gleichartigen Versuchen constatirt werden.

Wie in allen früheren Experimenten wurde auch hier erst die normale Ermüdungscurve aufgenommen, um dann erst die Kraft des Cocains zur deutlichen Wirkung gelangen zu lassen. Als Beispiel eines solchen Versuchs gebe ich das folgende Protocoll in abgekürzter Form.

Versuch am 23./10. 93.

Beide Hände arbeiten gleichzeitig am Ergographen. Belastung beiderseits 4 Kilo; Hebungen alle 2 Secunden. Pausen zwischen den einzelnen Segmenten wie immer 2 Minuten.

Arbeit der rechten Hand von 11 h. 30 — 12 h. 21 Min.
30 Sec. in **15 Segmenten** in Summa **27,533** Klgrmmtr.
Arbeit der linken Hand gleichzeitig **30,551** „
Darauf Pause von 10 Minuten. Alsdann von neuem mit beiden Händen gearbeitet bis zur Erschöpfung:

Arbeit der rechten Hand von 12 h. 31 m. 30 Sec. bis 12 h. 35 m. **1,849** Klgrmmtr.
Arbeit der linken Hand in derselben Zeit **2,268** „

Sofort nach eingetretener Erschöpfung wurde mir nun eine subkutane Injection von 0,01 Cocain muriatic. gemacht¹⁾ und ohne Aufenthalt von neuem das Gewicht gehoben: die Leistung betrug nun (also ohne voraus-

¹⁾ selbstverständlich ohne dass ich wusste, um welchen Stoff es sich handelte.

gehende Erholungspause) in der Zeit von 12 h. 35 m. bis 1 h. 24 m. 30 Sec.

rechterseits **17,502** Klgrmmtr.

linkerseits **22,020** „

Dass bei diesem wie in ähnlichen Versuchen zu der pharmakologischen Wirkung auch die psychische, durch die subkutane Injection veranlasste, hinzukam, ist nach den vorher festgestellten Thatsachen nicht zu bezweifeln. Indes liess sich dieser psychische, dem Grade nach ja schwer zu bemessende Einfluss durch die folgende Versuchsanordnung im wesentlichen eliminiren, indem nach der vollendeten normalen Ermüdungscurve durch wiederholte Scheinmassnahmen die psychische Beeinflussung fast erschöpft, die Ermüdung möglichst weit getrieben und dann erst die Wirkung des Cocains versucht wurde.

Versuch am 5./2. 1894.

Beginn 11 h. 59 m. 30 Sec., Dauer abgesehen von 2 Min. Pause zwischen je zwei Segmenten ohne Unterbrechung bis 4 h. 19 m. 14 Sec. Alle 2 Secunden eine Hebung mit dem Mittelfinger der rechten Hand; Gewicht 5 Kilo.

Die Leistungen in den einzelnen Segmenten betrugen in Kilogrammmetern (vergl. Curve III der beigegebenen Tafeln):

1. normale Ermüdungscurve: **19 Segmente**; von 11 h. 59 m. 30 Sec. bis 12 h. 53 m. 20 Sec.
4,370; 3,960; 3,080; 3,040; 2,805; 2,090; 2,125;
2,350; 3,160; 1,405; 1,730; 1,635; 1,450; 1,440;
1,180; 0,625; 0,230; 0,325; 0,055.

Gesamtleistung = **37,055** Kilogrammmeter.

2. Alsdann sofort subkutane Injection von 1 cem. einer 0,6 % Kochsalzlösung in den linken Arm. Darauf

Hebungen von **16 Segmenten** von 12 h. 55 m. 30 Sec. bis 1 h. 39 m. 32 Sec.

1,465; 3,125; 3,255; 2,790; 2,865; 2,300; 2,080;
2,120; 2,195; 2,220; 2,575; 0,910; 1,485; 0,665;
0,340; 0,110.

Gesamtleistung — **30,440** Kilogrammmer.

3. Sofort wiederum subkutane Injection von 1 ccm. 0,6 % Kochsalzlösung. Darauf in der Zeit von 1 h. 41 m. 20 Sec. bis 2 h. 4 m. in folgenden **10 Segmenten**

1,755; 2,335; 2,025; 1,905; 1,685; 1,505; 1,290;
1,245; 0,045; 0,255;

eine Gesamtleistung von **15,045** Kilogrammmer.

4. Um 2 h. 6 m. die Injectionsnadel unter die Haut gestochen, Injection aber nicht gemacht, sondern nur vorgetäuscht: darauf in der Zeit von 2 h. 6 m. bis 2 h. 34 m. in **10 Segmenten**

2,800; 1,905; 1,765; 1,820; 1,620; 1,610; 1,705;
0,800; 0,105; 0,165.

eine Gesamtleistung von **14,195** Kilogrammmer.

5. Um 2 h. 36 m. 45 Sec. nunmehr eine Injection von 0,01 Cocain. muriatic. Dann sofort in der Zeit von 2 h. 36 m. 46 Sec. bis 3 h. 20 m. in **17 Segmenten**,

1,380; 1,895; 1,825; 1,835; 1,930; 1,935; 1,810;
1,525; 1,575; 1,820; 1,870; 1,565; 1,250; 0,945;
0,190; 0,290; 0,106 —

also eine Gesamtleistung von

23,746 Kilogrammmer.

Darauf endlich

6. um 3 h. 21 m. 48 Sec. noch eine Injection von 0,01 Cocain. muriatic. mit nachstehendem Erfolg: In der Zeit von 3 h. 21 m. 48 Sec. bis 4 h. 3 m. 57 Sec. **16 Segmente** mit

1,125; 1,805; 2,030; 1,590; 1,670; 1,815; 1,150;
1,080; 1,305; 1,420; 1,760; 1,045; 1,170; 0,395;
0,230; 0,135 —

und einer Gesamtleistung von

19,075 Kilogrammmetern.

Schliesslich wurde nun noch der Versuch gemacht, durch den aus früheren Experimenten bereits bekannten Einfluss des Wassertrinkens die Muskelthätigkeit zu einer letzten Leistung anzufachen.

7. um 4 h. 3 m. 57 Sec. ein Glas kaltes Wasser getrunken, darauf noch in **7 Segmenten**

1,435; 1,555; 1,515; 1,140; 0,730; 0,400; 0,185;
im ganzen **6,950** Kilogrammmeter geleistet.

Eine kurze Zusammenstellung dieses schlagenden Experimentes ergibt folgendes: es wurden in Kilogrammmetern geleistet:

normal bis zur Erschöpfung	37,055
darauf nach Na Cl-Injektion	30,440
desgl. weiter	15,045
desgl. nach einer Scheininjection	14,195
desgl. nach Cocaininjection	23,746
desgl.	19,075
endlich nach Wassertrinken noch	6,950

Die hochgradig kräftigende Wirkung des Cocains geht daraus mit voller Sicherheit hervor. Auch hier handelt es sich aus den schon mehrfach angeführten Gründen wahrscheinlich nur um Beeinflussung des Centralnervensystems, wie denn auch sonst eine die Muskelsubstanz direct erregende Wirkung des Cocains nicht bekannt ist. —

c) Coffein.

Das Coffein, der hauptsächlich wirksame Bestandtheil im Kaffee, Thee, den Colanüssen u. a. m. ist als

Erregungs- und Kräftigungsmittel allgemein bekannt, und zwar scheint sich nach unseren bisherigen pharmakologischen Kenntnissen darüber diese Wirkung im wesentlichen aus zwei Faktoren, nämlich einer Erregbarkeitssteigerung des Centralnervensystems und einer eigenthümlichen, die Arbeitskraft direct vermehrenden Aenderung der willkürlichen und der Herzmuskulatur¹⁾ zusammenzusetzen.

Meine unter dem Einfluss von Coffein angestellten ergographischen Versuche haben nun hiervon insofern die erwartete Bestätigung gebracht als sehr schnell nach Application der leicht löslichen und resorbirbaren Coffein-Doppelsalze, Coffeinum natro-benzoicum und salicylicum die Leistung der arbeitenden Muskeln erheblich zunahm. Als besonders schlagendes Beispiel sei das folgende Versuchsprotokoll in extenso angeführt.

Versuch am 11. December 1893.

Vergl. Curve IV der beigegegebenen Tafeln.

Belastung 4 Kilo. Alle 2 Sec. eine Hebung. 2 Min. Pause zwischen je 2 Segmenten.

Die mechanische Arbeit der einzelnen Segmente betrug in Kilogrammmetern der Reihe nach:

1. in der Zeit von 10 h. 50 M. bis 11 h. 51 M. 35 Sec.
8,180; 6,340; 5,928; 5,860; 5,024; 6,156; 5,284;
6,448; 6,600; 6,283; 4,260; 5,080; 4,300; 4,380;
4,224; 2,600; 2,876; 0,268; 0,172;

d. h. eine Gesamtleistung

von **90,660** Kilogrammmetern.

2. Um 11 h. 52 Min. 35 Sec. Einnahme von 0,5 Coffein. natro-benzoicum in Oblate; darauf erneute Arbeit von 11 h. 53 Min. bis 1 h. 44 Min. 20 Sec.

¹⁾ vgl. Dreser, Arch. für exp. Pathologie u. Pharmakologie Bd. 24 p. 221. 1888 u. Derselbe ibid. Bd. 27 p. 21 ff. 1890.

6,264; 5,320; 5,036; 5,612; 5,168; 5,568; 5,572;
5,016; 5,802; 4,704; 4,932; 4,444; 4,588; 3,624;
4,624; 3,416; 4,048; 4,460; 4,020; 3,400; 3,512;
3,448; 5,268; 3,744; 3,024; 3,980; 3,776; 3,576;
2,444; 1,792; 0,440; 0,708; 0,156; —

also eine Gesamtleistung

von **131,186** Kilogrammetern.

Es übertraf hier also die unter dem Einfluss von Coffein geleistete Arbeit die anfänglich bis zur Erschöpfung vollbrachte (normale) um etwa 45 %; setzt man die letztere gleich 100, so war die Coffeinleistung = 145, während nach unseren früheren Versuchen durch psychische Einwirkung höchstens 60 — 70 zu erreichen gewesen wäre. —

Bemerkenswerth war es nun, dass diese mächtige Erregung anscheinend eine gewisse Unempfindlichkeit dem Coffein gegenüber hinterliess, d. h. dass — nach meinen Versuchen wenigstens, — wiederholte Coffeingaben nicht mehr von neuem in entsprechender Weise anregend wirkten, während für andere Reize wie unter anderen für Cocain, das Centralnervensystem noch anspruchsfähig blieb. Das folgende Beispiel mag zur Erläuterung dienen:

Versuch am 20. Februar 1894.

Belastung 5 Kilo. Alle 2 Sec. eine Hebung. Zwischen je 2 Segmenten 2 Min. Pause, wo nicht anders angegeben.

Bemerkung	Zeit	Zahl der Segmente	Kilogramm- meter geleistet
normal	10h 30 bis 11h 23' 55"	17	49,14
1 Glas Wasser ge- trunken	11h 25' 55" — 11h 37' 17"	6	2,13
4 Minuten Pause			
Aufbauunterung	11h 42' 20" — 11h 55' 15"	6	4,665
Coffein natr. benz. 0,05 subkutan	11h 57' 15" — 12h 58' 26"	22	46,115
NaCl 0,6% 1 Ccm. sub- kutan	1h 1' 40" — 1h 34' 57"	13	23,750
Coffein natr. benz. 0,05 subkutan	1h 36' 57" — 1h 57' 23"	9	9,585
4 Minuten Pause,			
darauf	2h 2' — 2h 9' 30"	4	2,69
Cocain muriatic. 0,02 subkutan	2h 11' 30" — 3h 3' 2"	20	30,390

Mit Rücksicht auf die wiederholt hervorgehobene Thatsache, dass bei der willkürlichen Muskelaction das Central-Nervensystem sehr viel früher ermüdet als die Muskeln selbst, dass es auch sehr viel schneller und leichter als diese sich zu erholen oder auf Reizmittel mit Steigerung seiner Leistung zu reagiren im Stande ist, wird auch hier wiederum anzunehmen sein, dass die Hauptwirkung des Coffeins in meinen Versuchen sich im Central-Nervensystem abspielt; indes deuten einige Eigenthümlichkeiten in den Coffeincurven, das allmähliche Anschwellen der Leistung bei jedem Segment und im Verlauf der ganzen Curve, vielleicht auch auf eine direkte Betheiligung der Muskeln hin. Selbstverständlich können darüber nur Versuche mit künstlicher Reizung der Muskeln resp. ihrer zugehörigen Nerven Aufschluss bringen. —

Lebenslauf.

Ich, Wilhelm Koch, evangelischer Confession, wurde geboren am 30. October 1863 als zweiter Sohn des Oekonomen Wilhelm Konrad Koch und seiner Ehefrau Maria, geb. Koch, in Hof-Schleifeld bei Nidda (Provinz Oberhessen des Grossherzogthums Hessen-Darmstadt), Kreis Büdingen. — Ich besuchte anfangs die Schule zu Geiss-Nidda, dann war ich von Ostern 1873 bis zum 2. Juli 1881 Schüler des Gymnasiums zu Hanau. Hierauf besuchte ich seit Ostern 1882 das Gymnasium zu Büdingen, wo ich am 27. Februar 1883 das Zeugniß der Reife erhielt. Ich begab mich Ostern 1883 auf die Universität zu Giessen, um mich dem Studium der Medizin zu widmen, wo ich bis Ostern 1886 verweilte. Hierauf setzte ich von Ostern 1886—1889 mein Studium in Würzburg fort, wo ich gleichzeitig meiner Militärpflicht genügte. — Schliesslich begab ich mich im Winter-Semester 1889 nach Marburg, um mein Studium zu vollenden. Die ärztliche Vorprüfung bestand ich in Giessen am 19. Februar 1886; am 21. März 1893 beendete ich zu Marburg das medizinische Staatsexamen, und bestand am 7. August 1893 das Examen rigorosum. —

Während meiner Studienzeit besuchte ich die Vorlesungen und Curse folgender Professoren und Dozenten:

In Giessen: Hoffmann, Roentgen, Ludwig, Eckhard, Naumann. —

In Würzburg: Kohlrausch, Kunkel, Rindfleisch, Leube, Nieberding, Matterstock, Hoffa, Rosenberger, Riedinger, v. Scanzoni, Michel, Bumm, Hofmeier, Lehmann, Schoenborn, Doellinger, Middeldorpf.

In Marburg: Mannkopff, Marchand, v. Heusinger, Braun, Schmidt-Rimpler, Ahlfeld, Meyer.

Rubner, Rumpf, Lahs, Külz, Hüter, Gasser,
Küster, Uhthoff, Müller, Zumstein. —

Allen diesen hochverehrten Lehrern sage ich an dieser Stelle
meinen herzlichsten Dank.

Zum Schlusse erlaube ich mir, meinem hochverehrten Lehrer,
Herrn Prof. H. Meyer für die Anregung zu dieser Untersuchung
und seinen freundlichen Beistand meinen herzlichsten Dank abzu-
statten; nicht minder aber auch dem Assistenten am pharmakologi-
schen Institute, Herrn Dr. von Sobieranski für seine unaus-
gesetzte und nachdrückliche Unterstützung.

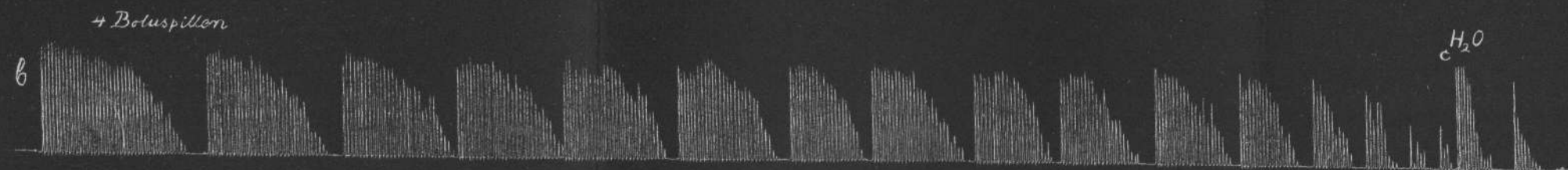
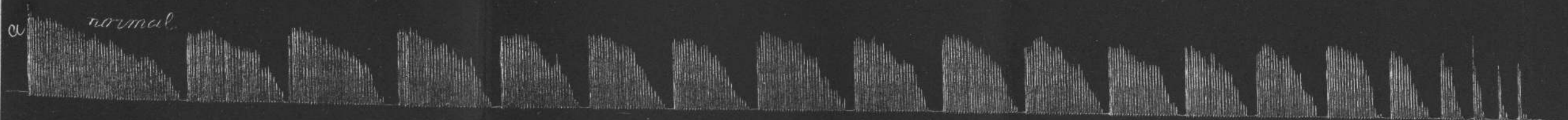
Die beifolgenden Curventafeln geben Reproductionen der Ori-
ginaleurven in $\frac{4}{5}$ Grösse. Die Erklärung der Curven ergiebt sich
aus den angeführten Daten.

18677



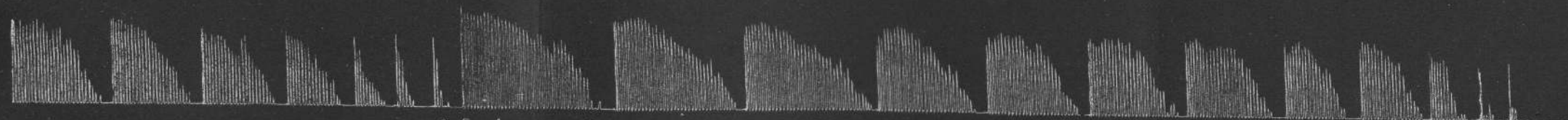
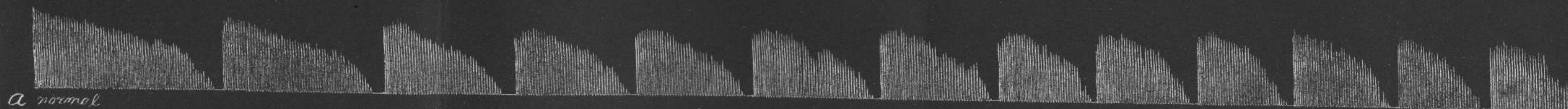


I (12/II 94)



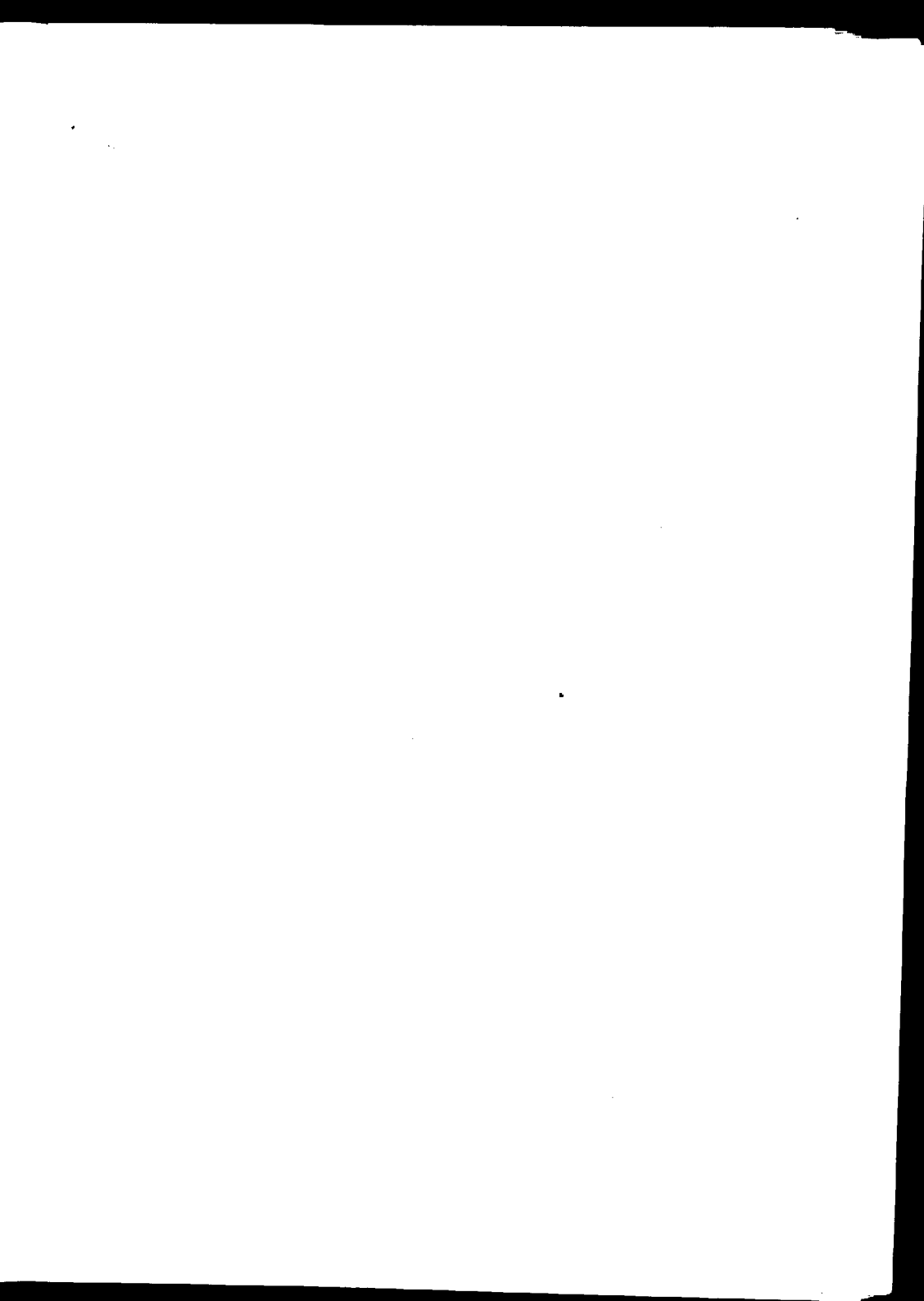
H_2O

II (13/II 94)

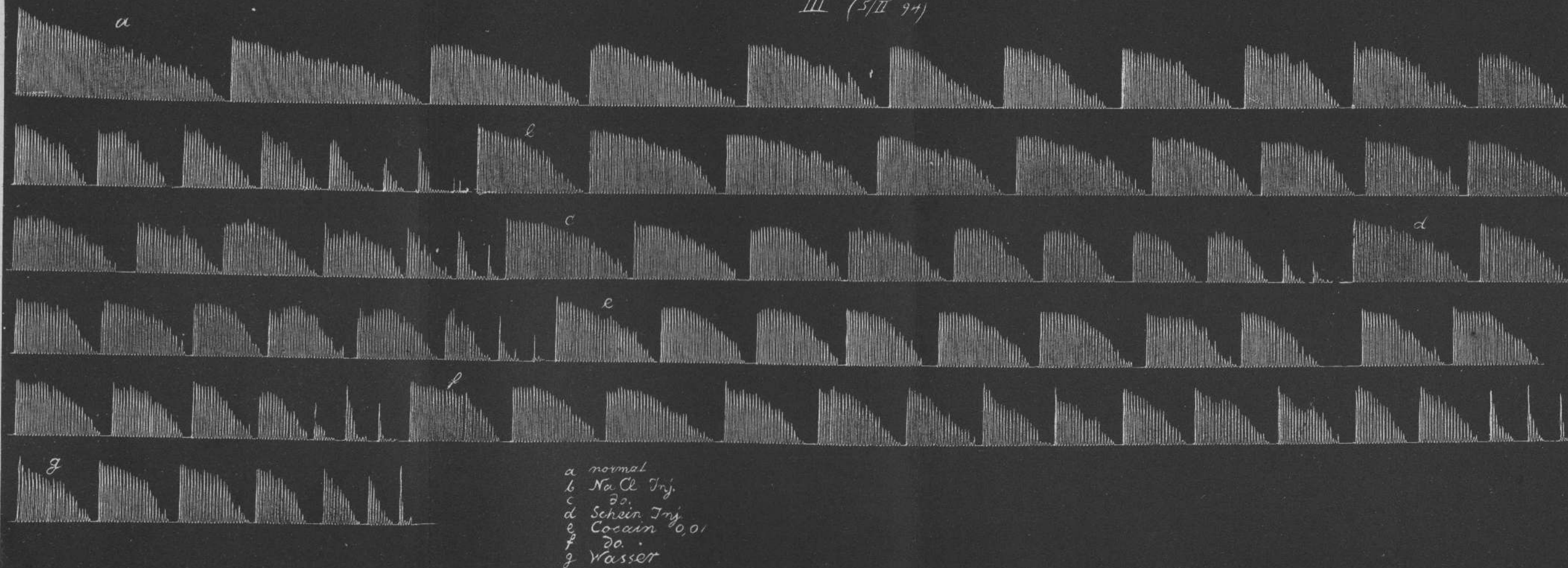


8.5g Amylon in Pillen

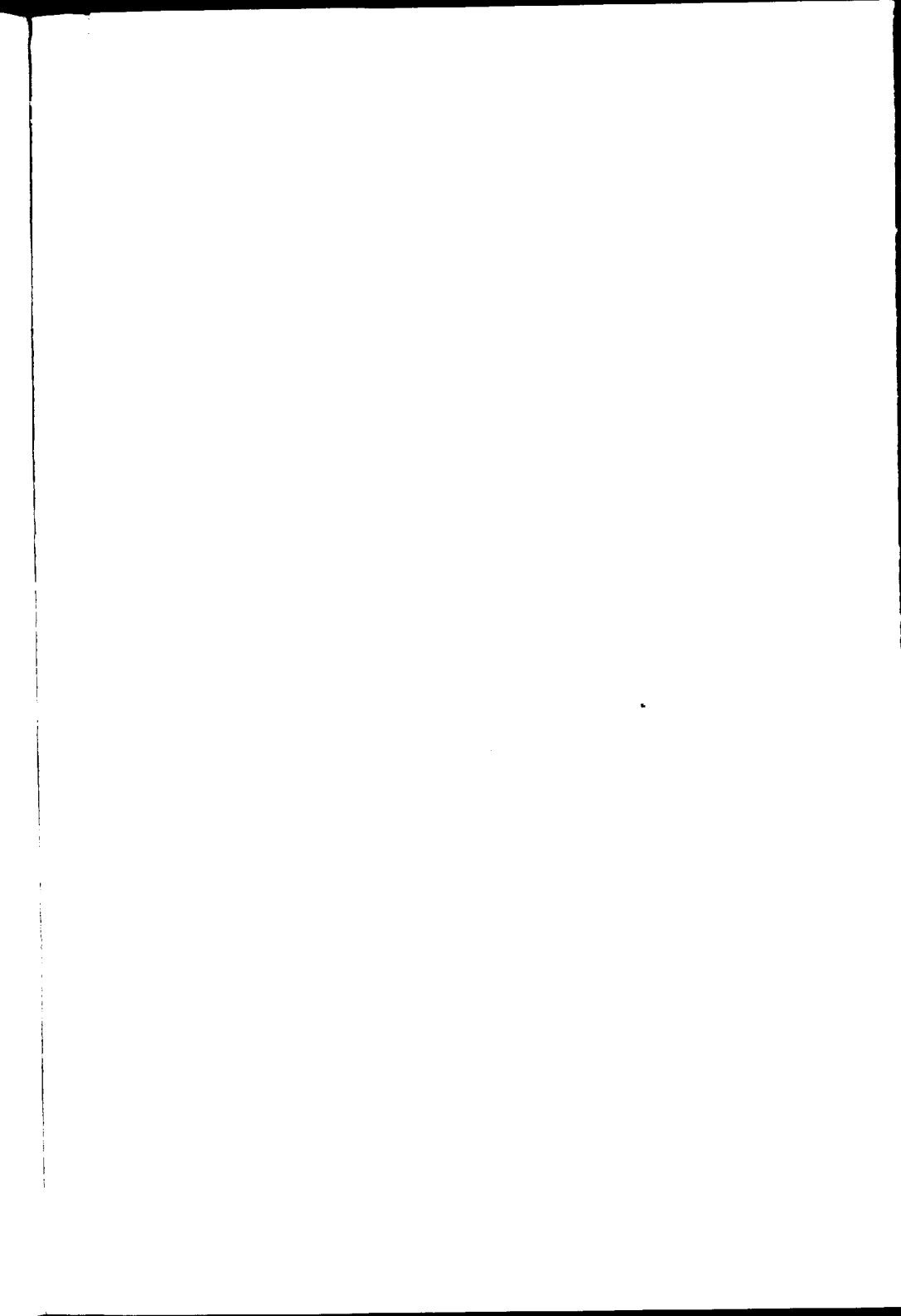




III (5/II 94)







a: normal

IV
11/XII 93

b: Coffein.

