

Über Muskelzustände.

Von
Professor CONRAD RIEGER in Würzburg.

(Mit 13 Figuren im Text.)

[Fortsetzung von Bd. 31, S. 1—46.]

Zweites Kapitel:

Die zeitlichen Verhältnisse der elastischen Zugkräfte.

I. Die Verteilung der elastischen Zugkräfte unter dem Einfluss längerer Zeitdauer.

Was ich in meinem ersten Kapitel auseinandergesetzt habe, dies bedarf hier noch einer Ergänzung in Hinsicht auf den Einfluß der Zeit (worauf ich, auf Seite 42 jenes Kapitels, schon voraus verwiesen habe). Diese Ergänzung kann sehr einfach formuliert werden, nämlich folgendermaßen: Wenn ich ein Gummiband oder eine Muskelgruppe, einige Minuten oder mehr Zeit hindurch, kurz oder lang lasse, so ist der Gewinn oder Verlust an elastischer Kraft, der durch den kurzen oder langen Zustand bewirkt wird, viel beträchtlicher, als wenn ich nach der Verkürzung oder Verlängerung sofort wieder einen anderen Zustand eintreten lasse. Mit diesem Hilfsmittel der Zeit habe ich deshalb die Verteilung der elastischen Kräfte noch in besonders starkem Maße in der Hand. Wenn ich die Kraft in einem Sinne mehr steigern will, als ich sie steigern kann durch bloß vorübergehende Kürze, so brauche ich den kurzen Zustand nur einige Minuten andauern zu lassen; und ausnahmslos ist dann, nach der Rückkehr zu den vorigen statischen Momenten, ein Zustand des Gleichgewichts vorhanden, der noch viel mehr verschoben ist im Sinne der Kraft, welche gewachsen ist, als wenn dieses, auf die Verschiebung der Kraft gerichtete,

Experiment nur ganz wenig Zeit gedauert hatte. Und ebenso ist es mit dem Einfluß der Zeit auf den langen Zustand im Sinne eines Verlustes von elastischer Kraft. An meiner Kraftwage für die Muskeln ist dies eines der befriedigendsten Experimente, weil man es so sicher in der Hand hat, ohne jedes Zutun der Versuchspersonen zwischen ihren Muskelgruppen, unter Zuhilfenahme der Zeit, die elastische Kraft innerhalb beträchtlicher Grenzen nach Belieben zu verteilen. Wie ich schon in meiner ersten Abhandlung (S. 41) bemerkt habe, kann man, ehe man diesen Einfluß der Zeit kennt, niemals Klarheit gewinnen über die verschiedenen Verteilungen der elastischen Kräfte zwischen den antagonistischen Muskelgruppen. Wenn ein Mensch z. B. längere Zeit hindurch gelegen war in irgend einer Stellung des Gliedes, das dabei (in der Kraftwage für die Muskeln) still liegt; so erweist sich nachher die Verteilung der elastischen Kräfte erheblich anders, als wenn das Glied vorher niemals längere Zeit ruhig gelassen sondern immer in Bewegung gesetzt worden war mit fortwährend veränderter Verteilung der elastischen Kräfte. — Diesen Einfluß der Zeit muß man also stets im Bewußtsein haben und berücksichtigen, um die Verteilung der Kräfte verstehen zu können, die einem in der Wirklichkeit entgegentritt. —

Wenn man das Gummiband oder das Glied, während es, längere Zeit hindurch, der gleichen, linear dehnenden, Kraft (resp. dem gleichen Drehungs-Moment) ausgesetzt ist, nicht durch ein Widerlager an weiterer Bewegung hindert sondern die weitere Verteilung der elastischen Zugkräfte frei darauf wirken läßt; — dann setzt die sogenannte „elastische Nachwirkung“ die Bewegung noch lange Zeit in der Richtung fort, in welcher sie gegangen war vor dem Eintritt in den Zustand relativen Gleichgewichts. Von, bloß relativem, Gleichgewicht muß man gerade deshalb immer sprechen, weil die elastischen Kräfte in der Zeit fortwährend sich ändern. Ein dauerndes Gleichgewicht, so wie mit der konstanten Schwerkraft, gibt es deshalb dann niemals, wenn elastische Kräfte wirken. Und man darf sagen, daß es sich hierbei handelt um eine reine Wirkung der Zeit als solcher; indem, abgesehen davon, daß die Zeit abläuft, sonst durchaus sich nichts ändert, weder in der Temperatur noch in etwas anderem. Ich muß aber dasjenige, was an die Betrachtung der „elastischen Nach-

wirkung“ angeknüpft werden muß, zurückstellen bis nach meinem dritten Kapitel über den Einfluß der Temperatur. Denn erst im Zusammenhang damit ist es möglich eine einheitliche Betrachtung durchzuführen über: elastische Nachwirkung, Ermüdung, Erholung, Vermehrung der elastischen Kraft einestheils durch die Nerven andertheils durch den kurzen Zustand der Muskeln. — Ich verlasse deshalb hiemit vorläufig die Betrachtung der langsamen Abänderungen der elastischen Zugkraft unter dem Einfluß von allmählicher Zunahme und Abnahme der Kräfte, gegen welche sie zu wirken hat; und gehe über zu der Betrachtung schneller Veränderungen. —

II. Bewegungen mit und ohne elastischen Rückstoss.

Die Feststellung desjenigen, was ich im Bisherigen auseinandergesetzt habe in Bezug auf die Verhältnisse der Bremskraft und den Einfluß der Zeit auf sie, hat mich zwar, lange Jahre hindurch, viele Mühe und Zeit gekostet, bis ich alles richtig gesehen habe. Aber dann ergaben sich für die Formulierung und das Verständniß keine großen Schwierigkeiten mehr. Und besonders hat die, verhältnismäßig einfache, Natur dieser Verhältnisse sich auch immer in dem Parallelismus zwischen Gummibändern und Muskelbändern gezeigt, welcher Parallelismus dann seinerseits auch wieder zur Erleichterung des Verständnisses beitrug.

Wenn ich aber nun versuche, am Leitfaden der bisherigen einfachen Vorstellungen weiter vorzudringen in das Verständniß dessen, was sich in unserer Muskel-Maschinerie abspielt; so ergeben sich große Schwierigkeiten, die es auch erklärlich machen, daß man gerade von demjenigen, was sich fortwährend, vor aller Menschen Augen, in ihren eigenen Gliedern ereignet, bis jetzt sehr wenig weiß. Sobald man nämlich versucht, mit den einfachen Vorstellungen weiterzukommen, wird man abgeschreckt durch die größten Widersprüche, in die man sich verwickelt sieht. Und ich vermute, daß es schon vielen Menschen, die ihr Denken auf diese Frage gerichtet haben, so gegangen ist wie mir seit Jahren in oft recht peinlicher Weise: nämlich daß ich den allergewöhnlichsten Erscheinungen in der Regel anfänglich ganz hilflos und ratlos gegenüberstand. Und ich vermute ferner, daß dies dann immer von weiterem Vordringen abgeschreckt hat. Ich für meine Person habe mich, trotz aller anfänglichen Dunkel-

heiten, doch niemals gänzlich abschrecken lassen, und zwar deshalb nicht, weil ich mir fest vorgenommen hatte, nun einmal soweit in die Sache einzudringen, als mein Verstand und mein Verständnis reicht. Aber es sind immer Monate, und in manchem Punkt auch Jahre, vergangen, innerhalb welcher ich sogar für solche Erscheinungen gleichsam blind gewesen bin, die mir später als ganz selbstverständliche erscheinen mußten. Und der Grund dieser Blindheit war immer dieser, daß ich Gedanken an die Erscheinungen heranbrachte, die für ein anderes Gebiet des Wissens, aber nicht für dieses, paßten. Daß man aber Erscheinungen, die bisher niemand gesehen hat, obgleich sie sich in den Gliedern von Milliarden von Menschen schon unaufhörlich vor deren Augen abgespielt haben; — daß man solche Erscheinungen überhaupt nur dann sehen kann, wenn man an sie herantritt nach intensiver Vorbereitung in Gedanken; — diese Behauptung werde ich nicht weiter zu begründen brauchen. Denn, wenn dem nicht so wäre, so hätte man sie ja schon längst sehen müssen. Um so schlimmer ist es dann aber auch, wenn die Gedanken falsch sind. Und im Anfang sind sie immer falsch. Dies liegt in der Natur des menschlichen Denkens, das immer nur, gleichsam unter schmerzlichen Gliederverrenkungen und Torturen, aus dem ungeeigneten Zustand, in welchem es an etwas Neues herantritt, in einen sachgemäßerem versetzt werden kann. Auf dem Gebiete der Erscheinungen, auf welche ich seit Jahren meine Aufmerksamkeit gerichtet habe, liegt die hauptsächlichste Schwierigkeit darin: daß man einerseits offenbar, als den Grundbegriff, an alle Erscheinungen den der Zug-Elastizität heranbringen muß, wie sie sich auch an jedem beliebigen anderen elastischen Bande zeigt; daß man aber andererseits fortwährend auf Erscheinungen stößt, denen gegenüber die einfachen Vorstellungen, die man bisher über die Elastizität hatte, deshalb versagen, weil der Körper diese elastischen Kräfte in einer Weise in seinen Dienst stellt, welche etwas so Spezifisches hat, daß eben gerade das Studium dieser eigentümlichen Verwendungen der elastischen Kräfte das Wesentliche für uns werden muß, wenn wir etwas verstehen wollen. In dieser Richtung kann ich nun gleich anknüpfen an dasjenige, was ich bisher festgestellt habe.

Wenn die elastische Kraft der oberen (Quadrizeps-)Muskelgruppe eines Unterschenkels gegen die Schwerkraft bremst, so

daß das Glied langsamer und weniger weit hinabgeht, als es, ohne elastische Bremskraft, hinabginge bei einer Abänderung des Drehungs-Momentes; dann ist dies noch einfach und ohne Widerspruch verständlich. Wenn statt der Muskelgruppe ein entsprechendes Gummiband bremste, wäre es im wesentlichen wohl auch so. Das Glied wäre z. B., ohne elastische Bremsung, hinuntergegangen auf 80° , mit elastischer Bremsung ist es nur gegangen auf 45° . Wenn ich dann vollends jedes Gegengewicht wegnehme, so stellt sich (worauf ich schon auf S. 12 meiner ersten Abhandlung hingewiesen habe) der Unterschenkel in der Regel nicht rechtwinklig sondern, entsprechend der, jetzt sehr starken, Dehnung der oberen (Quadrizeps)-Muskelgruppe etwas im Winkel nach vorne. Und auch dies ist noch ganz einfach und klar. — Wenn ich dann die Dehnung noch weiterführe, indem ich den Unterschenkel, über den Quadranten hinaus, im spitzen Winkel nach hinten bringe, und besonders wenn ich ihn in dieser Lage längere Zeit hindurch festbinde; dann zeigt sich nachher, daß diese, starke und lange Zeit dauernde, Dehnung die Verteilung der elastischen Kraft zur Folge gehabt hat, von welcher ich schon so oft gesprochen habe. Und auch dieses ist bei einem Gummiband im wesentlichen gerade so wie bei einem Muskelband.

Nun kommt aber etwas, für dessen Verständnis die Analogie mit einem Gummiband völlig im Stich läßt. Bei einem Gummiband ist das elastische Zurückschnellen, selbstverständlicherweise, um so größer, je größer die Differenz ist zwischen der Kraft, die vorher, und der Kraft, die nachher an ihm zieht. Wenn ich ein, gar nicht oder mäßig belastetes, Gummiband zuerst durch eine, erheblich größere, Kraft dehne und alsdann auf einmal diese zweite Kraft beseitige; so schnellt das Band, selbstverständlicherweise, viel stärker in die erste Lage zurück, als wenn die Differenz zwischen den Kräften nur eine geringe gewesen war. Dementsprechend sollte man nun erwarten, daß dieser elastische Rückstoß in einer gedehnten Muskelgruppe gleichfalls dann am stärksten wäre, wenn sie am stärksten gedehnt worden ist. Und so habe ich anfangs auch immer gedacht: wenn man den Unterschenkel sehr stark hinunterschlage bis zur maximalen Dehnung der oberen (Quadrizeps-)Muskelgruppe; dann müsse ein besonders starker elastischer Rückstoß eintreten. Denn dieser starke Schlag sei ja nichts anderes als

eine, rasch vorübergehende, bedeutende Vermehrung der bestehenden Kraft. Wenn aber nur ein kleiner Weg in dieser Weise rasch durchlaufen werde, dann müsse der elastische Rückstoß entsprechend geringer sein. In Wirklichkeit ist es aber wesentlich anders, als man mit diesen ungenügenden Gedanken denkt. Und wie es in Wirklichkeit ist, dies will ich nun eingehend auseinandersetzen. —

Die erste Möglichkeit, daß der Unterschenkel aus der horizontalen Lage, in welcher er bis dahin durch eigene oder fremde Kraft gehalten worden ist, in die vertikale gelangt, ist diese: daß man ihn einfach in so passiver Weise, als es überhaupt möglich ist, rein der Schwerkraft überläßt. In diesem Falle bremst die obere (Quadrizeps-)Muskelgruppe, welche dabei gedehnt wird, ohne jedes weitere Zutun, einfach in der Weise, die in meinem ersten Kapitel auseinandergesetzt worden ist. Weil diese elastische Kraft bremst, so geht die Bewegung langsamer von statten, als es ohne sie der Fall wäre. Der Unterschenkel kommt deshalb unten auch mit einer entsprechend geringeren überschüssigen Kraft an, und die Oszillationen sind nicht so stark, wie sie, unter sonst gleichen Verhältnissen, ohne elastische Bremse wären. Doch ist die Bremskraft andererseits auch nicht so stark, daß sie die Oszillationen gleich gänzlich unterdrücken würde; und der Unterschenkel bewegt sich deshalb einige Zeit lang so hin und her, wie man es zu bezeichnen pflegt als ein „behagliches Baumeln,“ ehe er völlig zur Ruhe kommt. „Behaglich“ erscheint uns dieser Zustand deshalb, weil wir der Bewegung, die in unseren Gliedern geschieht, ruhig zusehen, ohne daß wir etwas dazu tun; gerade so wie ich später (S. 408), auch in bezug auf das, was durch den elastischen Rückstoß ohne unser Zutun geschieht, auf analoge Gefühle werde hinweisen können.

Die zweite Möglichkeit für die zeitlichen Verhältnisse derjenigen Bewegung, die wir hier voraussetzen, ist diese: daß in der Muskelgruppe, welche dabei durch die Schwerkraft gedehnt wird, durch eine Wirkung aus den Nerven¹ die elastische Kraft

¹ Durch welche Vermittlung die elastische Kraft einer Muskelgruppe unter dem Einfluß der Nerven vermehrt wird? — davon spreche ich hier noch nicht. Meine Vorstellung, von der ich (auf S. 7 ff. meines ersten Kapitels) gesprochen habe als von derjenigen, die ich allen meinen Betrachtungen in dieser Richtung zu Grunde lege: daß nämlich das, was aus

noch vermehrt wird über den Betrag hinaus, der bloß abhängig ist von Kürze und Länge. Durch diese aktive Steigerung der Bremskraft kann die Bewegung beliebig verlangsamt werden. Daß sie dabei ohne überschüssige Kraft am Ziel ankommt, dies ist ohne weiteres selbstverständlich. Denn hier hat sich ja die Verteilung der Kräfte ganz allmählich vollzogen. Wenn eine solche langsame Bewegung so zu stande kommt, daß (nicht die Schwerkraft sondern) die Vermehrung der elastischen Kraft in einer Muskelgruppe unter dem Einfluß der Nerven, auch in positivem Sinne, wirkt; — dann kann, außerdem daß die Bremskraft in der Muskelgruppe, die gedehnt wird, langsam abnimmt, auch die positive Vermehrung der elastischen Kraft in der Muskelgruppe, die kurz wird, ganz allmählich geschehen. Und diese langsamen Bewegungen interessieren uns für das Problem, das hier in Frage steht, vorläufig nicht.

Sondern es handelt sich jetzt um die dritte Möglichkeit in dem Beispiel, das wir hier zu Grunde legen: daß nämlich die Bewegung viel schneller, als sie unter dem bloßen Einfluß der Schwerkraft geschieht, dadurch gemacht wird, daß in der Muskelgruppe, welche mit der Schwerkraft synergisch wirkt, eine aktive Vermehrung der elastischen Kraft unter dem Einfluß der Nerven zu stande kommt. Wenn man sich vornimmt, diese Kraft maximal zu steigern, so ergibt sich größte Geschwindigkeit; der Unterschenkel schießt so weit nach hinten, spitzwinklig zum Oberschenkel, als es die Muskelgruppe, die gedehnt wird, und die Widerstände im Gelenk gestatten; und in diesem Falle sollte nun doch ein elastischer Rückstoß in besonders deutlicher und starker Weise eintreten. Denn dieser starke Schlag nach abwärts, bewirkt durch Schwerkraft und Muskelkraft zusammen, scheint ja nichts anderes zu sein als eine, in Bezug auf die Muskelkraft rasch vorübergehende, bedeutende Vermehrung von Kraft, nach welcher man ein besonders starkes Zurückschnellen ebenso erwarten sollte wie im gleichen Falle beim Gummiband (zumal weil, außer der maximal gedehnten Muskelgruppe, auch noch Gelenk-Knorpel in Betracht kommen, die wie elastische

den Nerven in die Muskeln kommt, ihre Temperatur und damit ihre elastische Zugkraft erhöht, werde ich erst in meinem dritten Kapitel darlegen. Hier setze ich immer nur eine, irgendwie zu stande kommende, Vermehrung der elastischen Kraft durch die Nerven voraus. Daß eine solche Vermehrung stattfindet, dies steht ja außerhalb jeder Diskussion.

„Puffer“ wirken müssen). In Wirklichkeit aber bleibt gerade bei einer solchen extremen Bewegung der elastische Rückstoß viel eher aus als nach einer kurzen Bewegung. Und wenn man an diesen Gegensatz herantritt bloß mit dem, was man von Gummibändern gewöhnt ist; dann kann man vorläufig nur sagen: wenn jemand von einem Gummiband berichten würde, es schnelle weniger zurück, falls es mehr, und mehr, falls es weniger gedehnt war; — so müßte man dies für ein absurdes Gerede erklären. Bei den Muskel-Bewegungen scheint es aber so zu sein. —

Ich habe Jahre lang nichts recht begriffen von dem, was in unserer Muskel-Maschinerie geschieht, obgleich ich es fortwährend zu begreifen gesucht habe. Und der Grund war immer der, daß ich den einfachen Gegensatz nicht gesehen habe, auf den alles ankommt, nämlich diesen: daß es zweierlei, ganz verschiedene, Bewegungen im Körper gibt, und zwar:

erstens solche Bewegungen, welche von selbst und ohne weiteres endigen in dem vorigen Zustande der Verteilung der Kräfte, und dies **mittels** des elastischen Rückstoßes;

und zweitens solche Bewegungen, welche, durch eine dauernde Änderung in der Verteilung der Kräfte, sofort einen neuen Zustand und eine neue Haltung herbeiführen, **ohne** elastischen Rückstoß.

Ob das eine? oder das andere? geschieht; dies hängt nun durchaus nicht ab von dem Maß der Strecke, die man durchläuft, sondern nur von der Art und Weise, wie man sie durchläuft; und diese Art und Weise hängt wiederum ganz ab von der „Absicht“, von der „Intention“, mit der man die Bewegung beginnt. Je nach dem, was man intendiert, macht man es so oder so. Dieses Intendieren geschieht, auch bei uns Menschen, in der Regel gerade so ohne Bewußtsein, wie überhaupt die große Majorität unserer Bewegungen ohne Bewußtsein geschieht. Und so hat auch, so viel ich sehen kann, das wissenschaftliche Bewußtsein noch niemals etwas davon in sich aufgenommen. Aber die Möglichkeit besteht, daß wir mit Bewußtsein diese verschiedenen Intentionen machen. Während das meiste, was in unserer Muskel-Maschinerie vor sich geht, uns überhaupt niemals unmittelbar bewußt werden kann und unserem Kommando im einzelnen nicht zugänglich ist; — so

können wir die verschiedenen Intentionen, um die es sich hier handelt, wenn wir scharf aufmerken, auch direkt erkennen; und wir können beliebige Male, auch mit bewußter Willkür, in unserer Muskel-Maschinerie das bewirken, was wir viele Milliarden von Malen tun, ohne irgend eine Einzelheit oder überhaupt etwas davon zu bemerken, was wir tun. — Der Fall, daß man eine langsame Bewegung intendiert, bietet, worauf ich schon vorhin hingewiesen habe, weiter nichts Besonderes. Hier tritt immer bloß der Übergang zu neuer Haltung ein und niemals elastischer Rückstoß. Die antagonistischen Kräfte können hier jederzeit in den Zustand des Gleichgewichts eintreten, und damit Stillstand. Die Grenze der Langsamkeit nach oben, unterhalb welcher dieses noch der Fall sein kann, ist diese: daß die Geschwindigkeit der Bewegung höchstens so groß sein darf als die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Änderung der elastischen Kräfte unter dem Einfluß der Nerven vollziehen kann. Über diese Zeiten werde ich später genauere Angaben machen können. Hier sei nur vorläufig auf den prinzipiellen Gegensatz hingewiesen, der besteht zwischen einer langsamen Bewegung, welche fortwährend im Zügel der Wirkungen aus den Nerven steht; und einer schnellen, die, bis auf weiteres, unaufhaltsam fortsaust. Bei einer langsamen Bewegung kann man jederzeit abändernd eingreifen; und deshalb sind langsame Bewegungen, so lange die motorische Maschine in Ordnung ist, auch von größerer Sicherheit als schnelle; in dem Sinne, daß sie sich immer auch allem anpassen können, was dazwischen kommt. Und diese langsamen Bewegungen finden immer ohne elastischen Rückstoß statt. Durch die schnellen, „hastigen“ Bewegungen, die in der Regel mit elastischem Rückstoß verbunden sind, wird dagegen verursacht das viele Danebenfahren, Ausgleiten, Fallen lassen, Anstoßen, u. s. f., was sich in unserer motorischen Maschine fortwährend als Störung im Betrieb ereignet. Denn bei dieser Geschwindigkeit ist ein nachträgliches, regulierendes Eingreifen in die Bewegung so wenig mehr möglich, als man den abgeschnellten Pfeil beeinflussen kann. — Die große Schwierigkeit für das Verständnis der schnellen Bewegungen liegt aber darin, daß auch sie alle immer ebensowohl gemacht werden können ohne wie mit elastischem Rückstoß. Und das einzige Allgemeingültige, was man, in dieser Beziehung, sagen darf, ist wohl nur dieses: daß vor dem Beginn der Bewegung die Intention: entweder

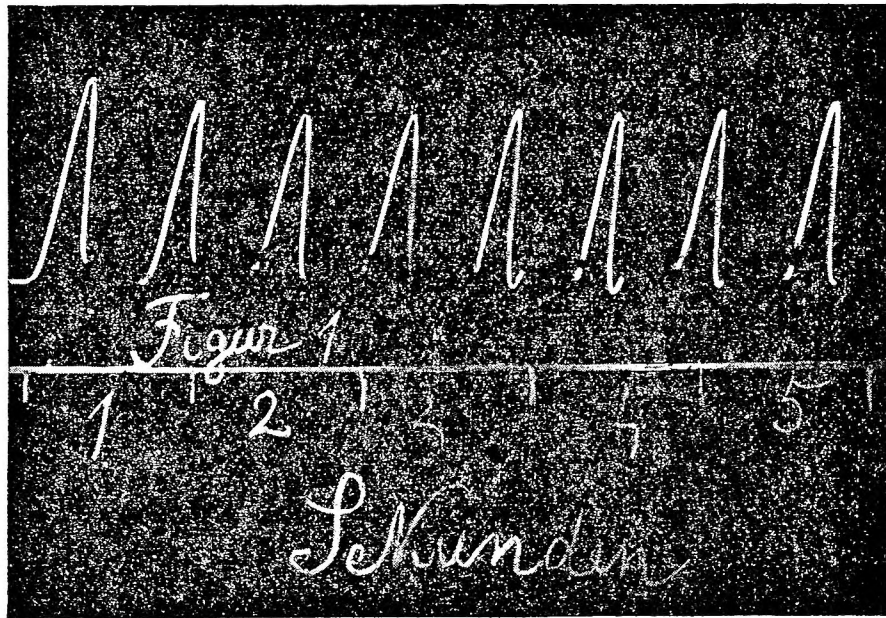
mit! oder ohne! elastischen Rückstoß! fertig sein muß. Dazu aber: in welcher Weise der elastische Rückstoß unterdrückt wird? — stehen der motorischen Maschine die verschiedensten Mittel zu Gebot, die für das Verständniß etwas sehr Verwirrendes haben. So viel ich sehen kann, hat man sie deshalb auch niemals beachtet. —

Damit ich mich nun in diesen mannigfachen Möglichkeiten so wenig als möglich verwirre, will ich Schritt für Schritt vorgehen von ganz Einfachem und Selbstverständlichem aus und zuerst einmal folgendes feststellen:

Auch die schnellen Bewegungen sind, wie alle Bewegungen im Körper, entweder Übergänge in eine neue Haltung, oder Hin- und Herbewegungen aus der alten wieder in die alte Haltung zurück. Der Unterschied gegenüber von den langsamen Bewegungen ist nun dieser, daß für die langsamen Bewegungen kein wesentlicher Unterschied besteht, je nachdem sie nur einen einmaligen Hinweg machen oder einen Hin- und Rückweg. Denn bei der langsamen Bewegung sind die Hin- und Rückwege ja doch selbständige Akte, die jederzeit nach Belieben unterbrochen oder fortgesetzt werden können; und bei langsamen Bewegungen ist der Hinweg und der Rückweg nicht verbunden zu einer Einheit, so wie es der Fall ist bei der schnellen Bewegung vermöge des elastischen Rückstoßes. Bei den schnellen Bewegungen muß immer schon vor dem Beginn einer Bewegung entschieden sein: ob der Rückstoß erfolgen wird? oder nicht? Bei der langsamen Bewegung ist dies durchaus nicht nötig. Und, dieser Verschiedenheit gemäß, muß auch die Unterscheidung, welche bei der langsamen Bewegung eine durchaus nebensächliche ist, bei der schnellen als oberste vorangestellt werden, nämlich diese: Wird die schnelle Bewegung von vornherein so intendiert, daß Stillstand stattfindet in der neuen? oder in der alten Haltung? Für den Fall, daß Stillstand stattfindet in der neuen Haltung, daß also kein elastischer Rückstoß zu stande kommt, sind dann sehr verschiedene Möglichkeiten seiner Verwirklichung zu betrachten. Für den Fall dagegen, daß der elastische Rückstoß zu stande kommt, handelt es sich im wesentlichen nur noch darum: ob es bleibt bei einem einfachen Hin- und Herschlag? oder ob eine öftere Wiederholung der Bewegung ohne Aufenthalt erfolgt mit fortwährender Erneuerung des elastischen Rückstoßes? Diese letztere Unterscheidung

macht, selbstverständlicherweise, an und für sich keine besonderen Schwierigkeiten.

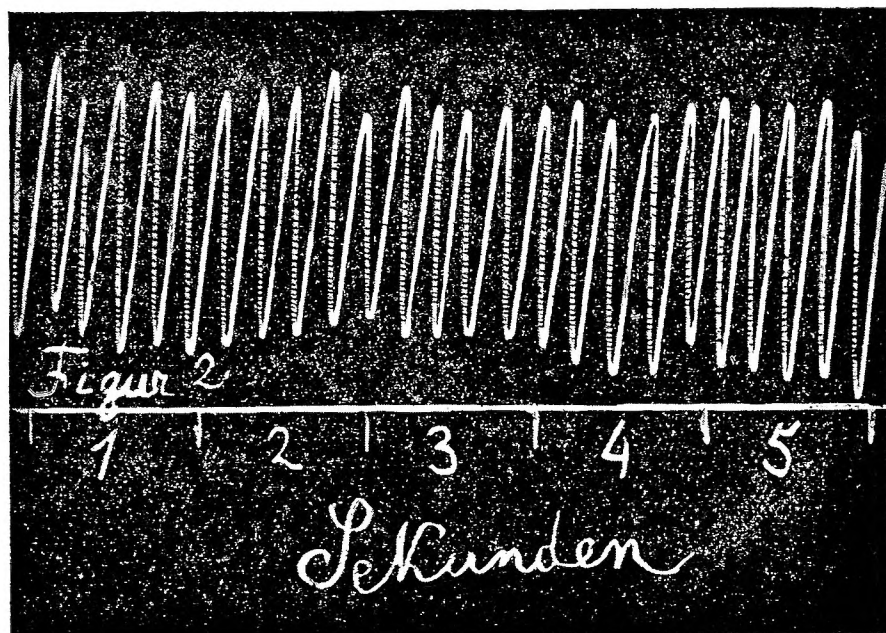
In dem einen Falle gibt es solche Figuren:



Figur 1.

Einmalige Hin- und Herwege mit elastischem Rückstoß, welcher alsdann jedes Mal, am Ende des Rückwegs, unterdrückt wird.

In dem anderen solche:

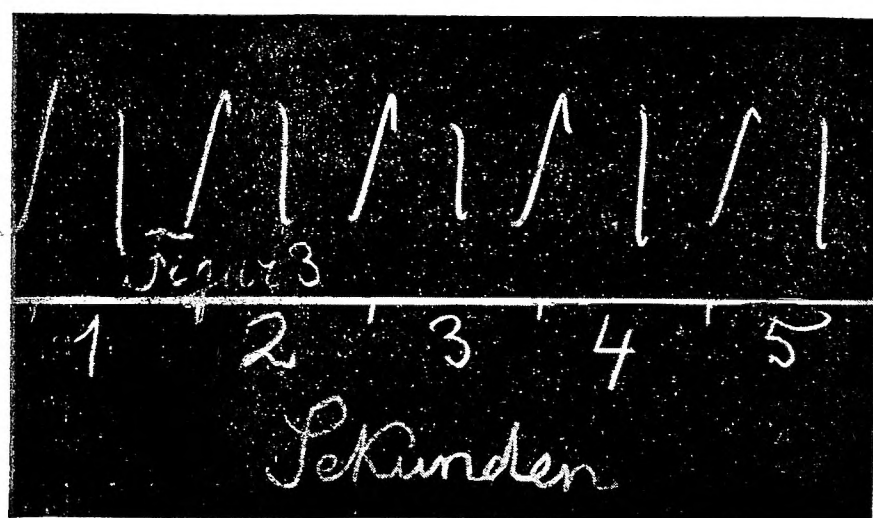


Figur 2.

Fortlaufende Hin- und Herwege mit elastischem Rückstoß, ohne Unterdrückung desselben.

Wenn man eine erhebliche Geschwindigkeit erzielen will, also z. B. mehr als vier Schläge in der Sekunde bei kurzen Strecken, dann muß man mit fortwährender Benützung des elastischen Rückstoßes schlagen. Andernfalls bräuchte man, es

nicht weit. Denn der zeitliche Unterschied ist sehr groß, je nachdem man immer nur ein Mal die Figur des einfachen Hin- und Herwegs beschreibt und dann den weiteren Rückstoß unterdrückt; oder je nachdem man ohne Pause immer weitergeht. Unter fortwährender Benützung des elastischen Rückstoßes kann man (bei kurzen Strecken) häufig in der Sekunde sechs und mehr Hin- und Herwege bequem machen, wie auch an der Figur 2 abgelesen werden kann. Wenn man dagegen, jedes Mal nach einem Hin- und Herweg, den elastischen Rückstoß unterdrückt, dann bringt man es bloß auf ein bis zwei in der Sekunde, wie in der Figur 1. (Mittelst des rotierenden Cylinders kann man diese zeitlichen Verhältnisse ohne Schwierigkeit feststellen, indem man eine leichte Stange (mit einer Schreibspitze), die in einem Charnier möglichst frei beweglich ist, in die Hand nimmt. So sind auch die vorstehenden Figuren gezeichnet worden.) — Die Geschwindigkeit der Wege selber ist in den beiden Fällen ganz die gleiche. Der große zeitliche Unterschied rührt nur davon her, wie ein vergleichender Blick auf die Figuren 1 und 2 unmittelbar ergibt: daß, wenn man den elastischen Rückstoß nicht benützt hat, dann immer viele Zeit verfließt, bis die Bewegung wieder beginnen kann mittelst Veränderung der elastischen Kraft aus den Nerven. Wenn man den elastischen Rückstoß überhaupt und vollständig unterdrückt und immer nur einfache Wege macht, also auch keinen einmaligen Hin- und Herweg, sondern, wenn man am Ende einer jeden Bewegung den elastischen Rückstoß unterdrückt, dann ergeben sich solche Figuren,



Figur 3.

Es findet eine schnelle Bewegung statt; der elastische Rückstoß wird aber am Ende jeder Bewegung unterdrückt.

aus denen ersichtlich ist, was übrigens, nach allem Bisherigen, ganz selbstverständlich sein muß: daß auch hier immer ein großer Zeitverlust entsteht, nachdem der elastische Rückstoß einmal unterdrückt ist, bis die neue Bewegung, infolge von neuer Verteilung der elastischen Kräfte durch die Nerven, wieder beginnen kann. In diesem Falle kommen dann auch von solchen einfachen Wegen nur zwei bis drei auf die Sekunde, von welchen zwölf bis sechzehn (ja bei sehr schnellen Menschen sogar achtzehn) auf die Sekunde kommen können in dem Falle, daß man den elastischen Rückstoß immerwährend wirken läßt. Man kann, in Bezug auf die Wegstrecken, die man zurücklegt, sagen: Das, was man macht, kostet viel weniger Zeit als das, was man nicht macht. Die rhythmischen Figuren, welche entstehen bei den verschiedenen Abwechslungen zwischen elastischem Rückstoß und seiner Unterdrückung, sind sehr wichtig; und ich hoffe, daß durch ihre Betrachtung später vieles Aufklärung finden kann, was zusammenhängt mit dem Begriff: Accent. Vorläufig bleibt aber, gleichgültig, ob der elastische Rückstoß am Ende einer jeden Bewegung oder immer erst nach einem oder mehreren Hin- und Herwegen unterdrückt wird, die allgemeine Frage zu erledigen: in welcher Weise er überhaupt unterdrückt wird? Und diese Frage ist nur eine andere Formulierung der Frage nach den verschiedenen Möglichkeiten, unter denen eine schnelle Bewegung im Körper überhaupt so zum Stillstand kommt, daß sie weder weiter vorwärts noch rückwärts geht. — Ich wiederhole: Für eine langsame Bewegung existiert diese Frage nicht. Eine solche ist immer so gebremst, daß sie jederzeit zum Stillstand gebracht werden kann. Wenn aber eine Bewegung mit einer Geschwindigkeit in Gang gesetzt wird, die sich oberhalb der Grenze befindet, unterhalb welcher sofortige Bremsung, jeder Zeit und ohne Weiteres, eintreten kann; dann gibt es nur zwei Möglichkeiten des Stillstands, von welchen die eine veranschaulicht werden kann durch das Gleichnis der Lokomotive, die auf einen Prellbock auffährt; die andere aber dadurch, daß, ohne solchen Prellbock, auf freier Strecke gebremst werden muß. —

Ich betrachte zuerst das Schema des „Prellbocks“. Das Einfachste ist hier dieses, wenn in der Tat ein äußerer Widerstand, ein Gegenstand, ein Objekt, die Bewegung festhält. Wenn

man rasch auf etwas losfährt, es packt, dagegen schlägt u. s. f., so kann dadurch jederzeit auch die schnellste Bewegung in einer Weise zum Stillstand gebracht werden, über welche nichts weiter zu sagen ist. Hier tritt kein elastischer Rückstoß ein, aus den Gründen, weil gegen das Objekt mit Überdruck geschlagen werden kann, oder auch weil das Objekt das Glied geradezu festhält, z. B. wenn die Finger darin eingehakt werden oder der Fuß u. s. f.

Ich will hier gleich noch folgendes bemerken. Bei sehr vielen Bewegungen sind die äußeren Widerstände nicht in der Weise wirksam, daß sie die Bewegung völlig vernichten, sondern nur in der Weise, daß sie einen, mehr oder weniger starken, Reibungs-Widerstand leisten. Wenn z. B. ein Radier-Gummi stark gegen die Unterlage gedrückt wird, so kann dann trotzdem die hin- und hergehende Bewegung eine sehr schnelle sein, und in diesem Fall geschieht sie ebenso mit fortwährendem elastischem Rückstoß, wie wenn ein Bleistift, mit verschwindend geringer Reibung, nur eine leichte Spur auf dem Papier hinterläßt. Im Falle der starken Reibung muß dann eben nur in jeder der antagonistischen Muskelgruppen, durch deren Zusammenwirken der fortwährende elastische Rückstoß entsteht, entsprechend mehr Kraft aufgewendet werden. Dann kann aber, auch bei starker Reibung, die Bewegung schnell und mit elastischem Rückstoß gehen. — Ein Beispiel, das hierher gehört, ist auch das: manus manum lavat, in der Regel mit einem Stück Seife dazwischen, welche, wenn sie, wie gewöhnlich, glatt ist, die Reibung noch bedeutend verringert. Seit ich gelernt habe, auf diese Vorgänge zu achten, habe ich auch bei diesem, so überaus häufigen, Vorgang bemerkt, daß seine ununterbrochene Fortsetzung gewissermaßen ganz von selbst läuft, und daß eine Anstrengung nur dazu nötig ist, ihn zum Stillstand zu bringen. Bei der gleichnisweisen Anwendung des Sprichworts scheint mir auch das Gefühl dafür hereinzuspielen, daß der Vorgang, von dem das Gleichnis hergenommen ist, so mühelos von selbst läuft. Dasselbe gilt von einer Menge polierender, reibender u. s. f. Bewegungen zum Zwecke der Reinigung.

Dagegen hat die motorische Maschine jederzeit die Möglichkeit, auch dadurch einen „Prellbock“ aufzustellen und damit den elastischen Rückstoß zu unterdrücken, daß sie plötzlich den Druck und damit die Reibung auf eine Unterlage sehr stark vermehrt im Verhältnis zu den Kräften, welche die Bewegung bewirkt hatten. So kann z. B. auch durch einen plötzlichen starken Druck senkrecht auf die Schreibfläche, mittelst starker Vermehrung der Reibung, eine Bewegung sofort zum Stillstand gebracht werden, welche bis dahin mit fortwährendem elastischem Rückstoß ununterbrochen leichte Striche auf das Papier geworfen hatte. Auch in diesem Falle ist dann der äußere

Widerstand, der „Gegenstand“, gegen den gedrückt wird, das Wesentliche für den Stillstand. Wenn man die Tätigkeit des Schreibens genau beobachtet, so findet man diese Bremsung, durch plötzliche Vermehrung des Drucks der Hand auf das Papier, häufig in Wirksamkeit. Wenn man sehr schnell schreibt, so liegt die Hand häufig gar nicht oder nur sehr leicht auf. Ein plötzlicher starker Druck auf das Papier muß dann diejenigen Bewegungen, die im Handgelenk geschehen, sofort zum Stillstand bringen. —

Unter dem Gleichnis des „Prellbocks“, in einer unmittelbar verständlichen Weise, kann auch noch dieses begriffen werden: daß die Bewegung vernichtet wird durch Widerstände in den Gelenken. Indem die Kraft, welche die Bewegung bewirkt hat, auf diese Widerstände mit Überdruck wirken kann, so ist es auch hier unmittelbar verständlich, daß ein Halt, ohne elastischen Rückstoß, eintritt. — Nun kommen aber Fälle, in welchen der Stillstand doch schon einer eigentlichen Erklärung bedarf. Warum steht der gestreckte Arm zum Beispiel, ohne jede besondere Tendenz zu „elastischem Rückstoß“ und, ohne weiteres, still, wenn ich ihn, durch den ganzen Quadranten hindurch, mit maximaler Geschwindigkeit aus der vertikalen in die horizontale Lage bewegt habe? Offenbar deshalb, weil die Kraft, welche die Bewegung bewirkt hat, in das Gleichgewicht kommt mit dem Drehungs-Moment des Arms, das in der horizontalen Lage sein Maximum erreicht. In diesem Fall kann also die motorische Maschine es so einrichten, daß ihre positive Kraft nicht gebremst zu werden braucht durch elastische Gegenkraft, sondern daß die Bremsung durch die zunehmenden Drehungs-Momente genügt. Gleichgewicht und Stillstand ergibt sich dann unmittelbar. Wenn ich dagegen den Arm, der anfangs vertikal herabhängt, nur eine kurze Strecke mit maximaler Geschwindigkeit nach oben schlage, so ist die Differenz der Drehungsmomente zu gering, als daß dadurch allein Gleichgewicht der Kräfte und damit Stillstand eintreten könnte. In diesem Falle muß deshalb die elastische Bremskraft in der antagonistischen Muskelgruppe noch stark durch die Nerven vermehrt werden, damit Gleichgewicht zwischen den Kräften in der Lage eintreten kann, für welche der Stillstand intendiert ist. Und in diesem Falle erfolgt auch immer, wenn er nicht eigens verhindert wird, ein starker elastischer Rückstoß. —

Wenn der elastische Rückstoß dann aber auch in diesem Falle verhindert wird, so geschieht es hiebei nicht durch irgend etwas, was noch begriffen werden könnte unter dem Gleichnis des Prellbocks. Denn einen Überdruck gibt es hiebei nicht gegen irgend etwas, was noch als äußerer Widerstand aufgefaßt werden könnte. Sondern das Gleichgewicht tritt in diesem Falle ausschließlich ein zwischen den antagonistischen Muskelgruppen. Ehe ich aber diesem Fall näher trete, will ich zuerst die Fälle nochmals rekapitulieren, die unter das Schema des „Prellbocks“ gebracht werden können.

Es sind folgende drei:

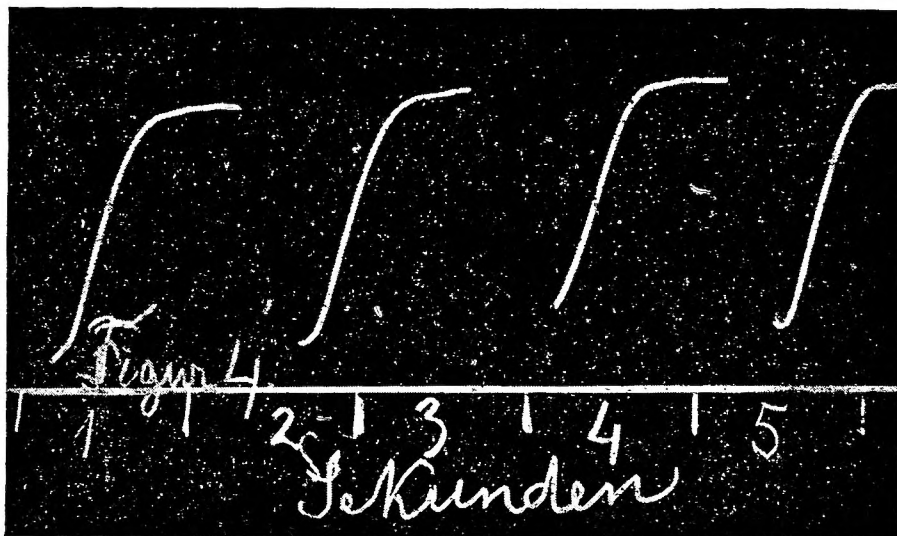
Erstens Stillstand am äußeren Objekt etwa durch Festhaken oder durch genügend starke Reibung oder auch durch einfachen Überdruck in der Richtung der bisherigen Bewegung; — (daß das „äußere“ Objekt auch ein anderer Teil des eigenen Körpers sein kann und sehr häufig ist, kann, zur Vermeidung von Mißverständnissen, hier noch angefügt werden).

Zweitens Stillstand an der Grenze der Gelenke.

Drittens Stillstand an dem Drehungs-Moment, das von der Schwerkraft abhängt, wenn dieses bei der Bewegung so erheblich wächst, wie es z. B. der Fall ist, wenn ich den gestreckten Arm aus der vertikalen in die horizontale Lage schlage. —

Das Vorstehende war noch verhältnismäßig leicht verständlich, weil die äußeren Widerstände, die dabei in Betracht kommen, wenn sie anfangs auch oft etwas versteckt sind, doch schließlich jedes Mal unmittelbar erkannt werden können. Wenn man sich aber der Frage zuwendet: Wie wird der elastische Rückstoß unterdrückt (beziehungsweise: wie kommt eine Bewegung zum Stillstand?) in dem Falle, in welchem keine solchen äußeren Widerstände vorhanden zu sein scheinen, die man durch das Gleichnis des Prellbocks charakterisieren könnte? — dann wird die Sache viel verwickelter. Einerseits nämlich bekommt man den Eindruck, daß auch alle maximal schnellen Bewegungen an jedem Punkt, für welchen Stillstand intendiert ist,

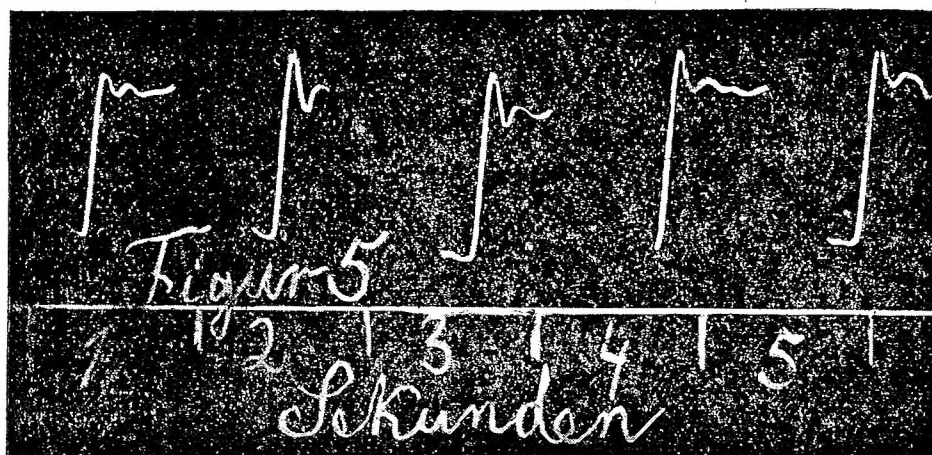
so zum Stillstand gebracht werden können, daß weder Fortsetzung noch Rückstoß stattfindet. Andererseits erhebt sich hiergegen immer das Bedenken: ob denn in diesem Falle die Bewegung in der Tat auch maximal schnell gewesen ist? ob es nicht einfach eine langsame Bewegung war, bei welcher der Stillstand selbstverständlich ist? Und zweifellos kann man behaupten: wenn man sich einfach vornimmt, aus einer Haltung in eine neue überzugehen, ohne äußeren Widerstand; dann tut man dies, naturgemäßer Weise, nicht maximal schnell, sondern einfach in so mäßigem Tempo, daß ein elastischer Rückstoß nicht eigens unterdrückt zu werden braucht. So ist es das Natürliche. Man zeichnet dann z. B. an dem rotierenden Cylinder diese Figuren,



Figur 4.

Langsamer Übergang von einer Haltung in eine andere, sowohl ohne elastischen Rückstoß als auch ohne die Notwendigkeit der Unterdrückung desselben.

aus welchen unmittelbar ersichtlich ist, daß der Übergang aus der einen in die andere Haltung langsam von statten gegangen ist und demgemäß auch ohne jede Tendenz zum Rückstoß. Wenn man sich jedoch stark vornimmt: man wolle die Bewegung maximal schnell machen und trotzdem dabei auch noch den elastischen Rückstoß unterdrücken; — dann ist dies zwar unnatürlich, aber man kann es doch zur Not auch machen, wie folgende Figur zeigt:



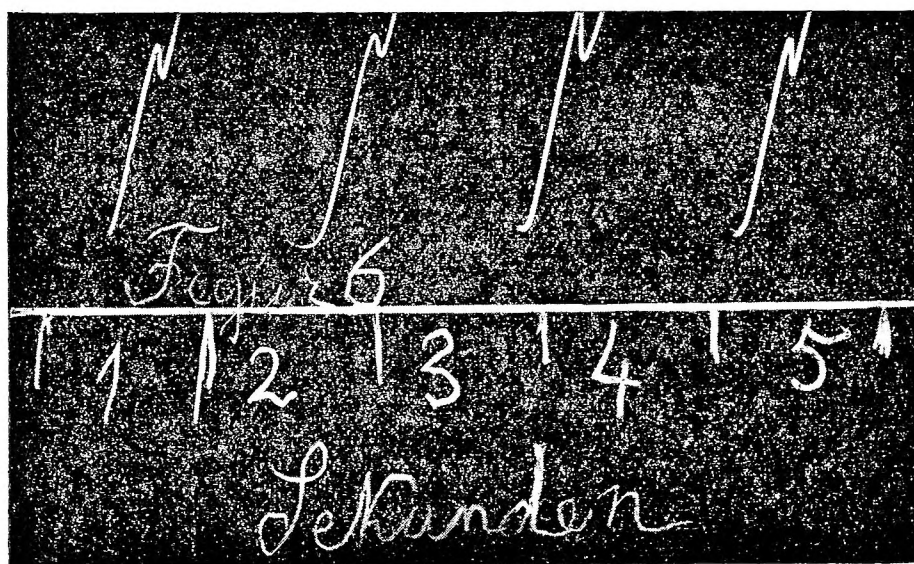
Figur 5.

Schneller Übergang von einer Haltung in eine andere ohne „Prellbock“ mit mühsamer und mangelhafter Unterdrückung des Rückstoßes bloß durch elastische Bremsung.

Aber es ist mühsam, unnatürlich, und man sieht auch an der Figur, daß eine völlige Unterdrückung des elastischen Rückstoßes, ohne äußeren Widerstand, fast unmöglich ist. —

An den Bewegungen im Handgelenk kann man sich jederzeit am Einfachsten veranschaulichen erstens: Wenn man mit maximaler Geschwindigkeit (nach der Volar- oder nach der Dorsal-Seite) ganz durchschlägt bis an die Grenze des Gelenks, dann besteht durchaus keine Tendenz zum elastischen Rückstoß (Schema des Prellbocks, gegen welchen mit Überdruck gestossen werden kann, ohne daß er nachgibt). Zweitens: Wenn man nur einen kurzen Weg langsam durchläuft, so kommt der elastische Rückstoß ebensowenig in Betracht. Wenn man aber einen kurzen Weg (das heißt einen solchen, der nicht führt bis zu einem äußeren Widerstand) mit maximaler Geschwindigkeit zu durchlaufen intendiert, und wenn man sich dabei sonst nichts vornimmt; dann tritt ausnahmslos der elastische Rückstoß ein. Und wenn man den Rückstoß in diesem Falle unterdrückt, so geschieht es mit einer mühsamen und unnatürlichen Anstrengung. In diesem Falle erfolgt zuerst in der Muskelgruppe, welche die Bewegung bewirken muß, eine Vermehrung der elastischen Kraft aus den Nerven von einer Stärke, die genügend wäre, daß sie die Bewegung, wenn sie nicht gebremst würde, bis zu den Grenzen des Gelenks durchführen würde. Denn wenn dem nicht so wäre, dann wäre die Bewegung nicht maximal schnell. Wenn also zugleich intendiert ist, daß diese Bewegung trotzdem schon nach kurzer Strecke zum Stillstand

kommen soll, so müßte nun entweder ein Widerstand der Bewegung entgegengestellt werden, der nach dem Schema des Prellbocks wirkte (so kann es z. B. sein, wenn die Hand in dem Zeitpunkt, in welchem der Stillstand erfolgen soll, so stark gegen eine Unterlage gedrückt wird, daß die Reibung die Bewegung vernichtet). Oder aber, wenn dies ausgeschlossen ist, und es soll trotzdem der elastische Rückstoß unterdrückt werden, dann muß, sofort nachdem das Gleichgewicht eingetreten ist zwischen den antagonistischen Muskelgruppen, in diejenige Muskelgruppe, deren Bewegung soeben bis zum Stillstand gebremst worden ist, noch ein Nachdruck gegeben werden, der nun seinerseits wieder verhindert, daß die Muskelgruppe, welche die Bewegung gebremst hat, sie in ihrem Sinne rückgängig macht. — Der große Unterschied gegenüber von den Fällen, die nach dem Gleichnis des „Prellbocks“ aufgefaßt werden können, ist nun der, daß dort feste Widerstände vorhanden sind, gegen welche mit beliebigem Überdruck geschlagen werden kann, ohne daß durch diesen Überdruck die Bewegung fortgesetzt würde. Hier aber muß der Nachdruck wirken gegen die überaus nachgiebige elastische Kraft der antagonistischen Muskelgruppe und deshalb dieser Kraft auf das Genaueste angepaßt sein. Denn wenn der Nachdruck größer ist als diese, dann bewirkt er Fortsetzung der Bewegung, also nicht den intendierten Stillstand. Und so kann man häufig an dem rotierenden Cylinder beobachten, daß, statt des Stillstandes, diese Figur gezeichnet wird:



Figur 6.

Schneller Übergang von einer Haltung in eine andere (ohne „Prellbock“) mit der Tendenz zu sofortigem Stillstand, das heißt sowohl zur Unterdrückung des elastischen Rückstoßes als zur Unterdrückung der Tendenz zur Fortsetzung der Bewegung. Letzteres gelingt aber nicht.

Wenn aber der Nachdruck schwächer ist als die Kraft in der Muskelgruppe, welche gebremst hat; dann ist umgekehrt der elastische Rückstoß nicht unterdrückt, was doch auch sein soll. Diese genaue Ausgleichung der beiden elastischen Kräfte, welche nötig ist zum Stillstand „auf freier Strecke“, erfordert große „nervöse“ Anstrengung. Und es ist nun auch ganz deutlich, daß die motorische Maschine diese „nervöse“ Anstrengung immer möglichst zu vermeiden sucht. Sie richtet es, wenn es irgend möglich ist, so ein, daß, wenn einerseits die Bewegung maximal schnell, andererseits ohne elastischen Rückstoß geschehen soll, ein fester Widerstand die Bewegung vernichtet. Und nur wenn ein fester Widerstand durchaus nicht hergestellt werden kann, weder durch einen äußeren Gegenstand noch durch Gelenk-Grenzen noch durch vermehrte Wirkung der Schwerkraft; erst dann tritt die mühsame „nervöse“ Bremsung ein durch Herstellung des Gleichgewichts zwischen den elastischen Kräften, statt mit einer festen Kraft. —

Die motorische Maschine verfährt dabei oft so, daß es scheint, als bremse sie auf offener Strecke nur durch Gleichgewicht zwischen den elastischen Kräften; daß sie aber in Wirklichkeit doch einen festen Widerstand einschiebt. Wenn man, wie ich, Jahre lang seine Aufmerksamkeit gerichtet hat auf diese Erscheinungen, so hat es einen, geradezu fesselnden, Reiz, immer wieder zu beobachten, in wie mannigfaltiger Weise solche Widerstände hergestellt werden. In vielen Fällen ist es allerdings unmöglich, solche herzustellen. Und wenn man z. B. im Handgelenk (in freier Luft, so daß man nicht gegen eine Unterlage drücken kann) nur einen kurzen Weg mit maximaler Geschwindigkeit zurücklegt, so muß man entweder dem elastischen Rückstoß seinen Lauf lassen oder ihn mühsam, durch rein elastische Bremsung, unterdrücken, wobei dann immer die Tendenz zu geringerer Geschwindigkeit unverkennbar ist. Aber daß auch in diesem Fall ein „Prellbock“ eingeschoben werden könnte, davon habe ich nie etwas wahrnehmen können. Bei den Fingern kann man dagegen etwas Derartiges beobachten. Wenn man die Finger maximal schnell bewegt in irgend einer Richtung, so ist der elastische Rückstoß immer besonders lebhaft; und wenn man sich vornimmt, diesen Rückstoß zu unterdrücken, dann macht man die Bewegung, falls man nicht sehr scharf aufmerkt, immer langsamer als im anderen Fall. Es erscheint mir, ohne weitere

Hilfe, sehr schwer in diesem Fall maximale Geschwindigkeit der Bewegung zu vereinigen mit der Unterdrückung des Rückstoßes (selbstverständlicher Weise nur, solange man nicht bis an die Grenzen der Gelenke geht). Die motorische Maschine hat aber auch hier ein sehr einfaches Mittel, um einen äußeren Widerstand zu etablieren. Sobald nämlich bei einer maximal schnellen Bewegung zugleich die Finger stark zusammengepreßt werden, so ist dadurch einerseits ein fester Reibungs-Widerstand, andererseits die Möglichkeit eines Überdrucks gegeben, der den elastischen Rückstoß unmittelbar unterdrückt. Dieses Aneinanderpressen der Finger ist durch die Einrichtung der kleinen Handmuskeln sehr erleichtert, welche die Finger gleichzeitig beugen und aneinanderpressen können. Und man kann jederzeit folgendes beobachten: Wenn man sich nichts weiter vornimmt als dieses, daß man die Finger mit maximaler Geschwindigkeit beugen soll, so erfolgt ausnahmslos ein starker elastischer Rückstoß, wobei die Finger nicht gegeneinander gepreßt werden. Wenn man sich aber überdies noch vornimmt, den elastischen Rückstoß zu unterdrücken, dann werden die Finger gegeneinander gepreßt; und damit ist der elastische Rückstoß beseitigt. —

Natürlich gilt das Vorstehende nur von Bewegungen durch eine kurze Strecke hindurch. Denn wenn man die Finger mit maximaler Geschwindigkeit bewegt bis zur Grenze, dann ist ja gerade hier sehr deutlich, daß auf der Volarseite die Finger einfach in die Handfläche eingeschlagen werden; auf der Dorsalseite aber gegen die festen Grenzen des Gelenks einen starken Überdruck ausüben. In diesen Fällen ist also der feste Widerstand, als ein selbstverständlicher, gegeben, und wenn der elastische Rückstoß unterdrückt werden soll, dann braucht man bloß von diesen Widerständen Gebrauch zu machen, indem man einen Nachdruck dagegen ausübt. Wenn man dies aber nicht tut, dann tritt, auch wenn man die gleiche Strecke durchgeschlagen hat, der elastische Rückstoß auf, wie ich ja schon von Anfang an betont habe: daß es nicht ankommt auf die Länge der durchlaufenen Strecke, sondern nur auf die Art und Weise, wie sie durchlaufen wird. Gerade an diesem Beispiel des Einschlagens der Finger in die Hand kann man sich besonders deutlich zur Anschauung bringen, wie man einerseits mit Überdruck gegen die Handfläche den elastischen Rückstoß ohne

weiteres unterdrückt; wie aber andererseits, wenn man diesen Überdruck nicht ausübt, die Finger zwar auch die Handfläche leicht berühren, dann aber sofort wieder zurückschnellen. Und ganz besonders deutlich ist hiebei auch dieses: daß, wenn man einerseits die Handfläche gleichfalls nur leicht berühren, andererseits aber trotzdem den elastischen Rückstoß unterdrücken will; — daß man in diesem Falle die Bewegung notgedrungen langsamer machen muß. —

Aus allem, was ich im Bisherigen auseinandergesetzt habe, geht immer wieder dieses hervor, daß die motorische Maschine möglichst die nervöse Anstrengung vermeidet, welche dadurch bedingt wäre, daß a) maximal schnell geschlagen, b) der elastische Rückstoß aber trotzdem unterdrückt würde; und zwar c) nicht durch Überdruck gegen einen festen Widerstand, sondern d) durch einen Nachdruck, der sich mit der, sehr beweglichen, elastischen Kraft der antagonistischen Gruppe in das Gleichgewicht zu setzen hätte. Die feine Regulierung des antagonistischen Gleichgewichts, welche dabei in Betracht kommt, eignet sich vorzüglich für langsame Bewegungen, und diese geschehen auch fortwährend in dem Zügel solcher Regulierung. Für schnelle Bewegungen ist es dagegen sehr peinlich und mühevoll, wenn der elastische Rückstoß auf diese Weise unterdrückt werden soll. —

Auf Grund dieser Einsicht ist es mir nun in den letzten Jahren gelungen, viele Bewegungs-Vorgänge zu sehen, für welche ich vorher völlig blind gewesen war. Wenn ich z. B. vor meinem rotierenden Cylinder sitze und die Stange mit der Schreibspitze rasch in die Höhe schlagen will mit Unterdrückung des elastischen Rückstoßes; — dann geht dies ganz von selbst in dem Falle, daß ich die Bewegung so im Schultergelenk ausführe, daß das Drehungs-Moment des Armes (abhängig von der Schwerkraft) genügend wächst, so wie ich es oben (S. 391) auseinandergesetzt habe. Wenn ich nun aber bloß in dem unteren Teil des Quadranten bleiben will, wo dies nicht der Fall ist; dann sucht die motorische Maschine es sofort so einzurichten, daß sie die Bewegung passend über die verschiedenen Gelenke des Armes verteilt. Ich intendiere zum Beispiel einen kurzen Schlag nach aufwärts mit Unterdrückung des elastischen Rückstoßes, während ich vorher, von der gleichen Stellung aus, *ceteris paribus* einen größeren Weg nach oben intendiert hatte. Ich denke mir

a priori, die motorische Maschine werde jetzt gleichfalls im Schultergelenk nach aufwärts schlagen. Das tut sie aber durchaus nicht. Sondern jetzt senkt sich der Oberarm im Schultergelenk; und Vorderarm und Hand schlagen so in die Höhe, daß sie nach kurzem Weg an die Grenzen von Gelenken kommen, auf welche sie mit Überdruck, nach dem Schema des Prellbocks, wirken können. Nur wenn ich besondere Aufmerksamkeit darauf wende, kann ich die motorische Maschine zwingen, daß sie auch in diesem Falle die kurze Bewegung im Schultergelenk so ausführt, daß, ohne festen Widerstand, das Gleichgewicht bloß eintreten muß zwischen den elastischen Kräften. Wie ich schon häufig wiederholt habe: wenn man die motorische Maschine dazu zwingt, dann kann sie es, in diesem Notfall, auch so machen. Aber, wenn man ihr freien Lauf läßt, so richtet sie es, falls es irgend möglich ist, so ein, daß sie sich feste Widerstände schafft für den Fall, daß a) schnell, b) ohne elastischen Rückstoß geschlagen werden soll. — Umgekehrt aber: wenn die Bewegung mit elastischem Rückstoß stattfinden soll, dann sind feste Widerstände völlig überflüssig. In diesem Falle bedarf es keines Nachdrucks von Seiten der Muskelgruppe, welche die Bewegung bewirkt hat. In dem Zeitpunkt, in welchem die elastische Kraft der antagonistischen Gruppe, die bremst, in das Gleichgewicht getreten ist, kann die Kraft, gegen welche gebremst worden ist, völlig nachlassen, woraus sich dann sofort das starke Übergewicht der Kraft ergeben muß, welche gebremst hat; — und damit unmittelbar der elastische Rückstoß.

Der elastische Rückstoß hat seine hauptsächliche Bedeutung in dem Fall, daß fortwährende Hin- und Herbewegungen mit maximaler Geschwindigkeit ausgeführt werden (s. oben die Figur 2 auf Seite 387). Es kommen aber in der Wirklichkeit auch, bloß einmalige, Bewegungen mit elastischem Rückstoß vor, und zwar in den Fällen, in welchen nur dieses intendiert wird, daß man ein Ziel (statt, wie in der Regel, daran zu bleiben), gerade nur momentan berührt. Das einfachste Beispiel für diese Intention wird das Fechten mit „Schlägern“ sein. Man kann hier die Bewegung mit dem deutschen Zeitwort als „schwippend“ bezeichnen. Damit meint man: möglichst rasche Bewegung, an deren Ende der elastische Rückstoß nicht unterdrückt wird. Es soll kein „Nachdruck“ dabei stattfinden. Man kann auch sagen: ein Schläger soll „schwirren“. (Dies kann ein Mensch, der nicht eine große Geschwindigkeit entwickeln kann in der Vermehrung der elastischen Kraft seiner Muskeln unter dem Einfluß der Nerven, niemals gut machen, auch wenn er sonst „stark“ ist, das heißt: wenn er die elastische Kraft seiner Muskeln, ohne

Rücksicht auf die Zeit, zu einem einmaligen hohen Betrag, oder wenn er sie mit mäßiger Geschwindigkeit sehr oft nacheinander, ohne „Erschöpfung“ fortwährend aufs neue, bis zu einem bestimmten Betrag steigern kann. In Bezug auf diese verschiedenen Arten von „Stärke“ gibt es groſse individuelle Verschiedenheiten). Es bedarf einerseits keines Nachdrucks dazu, daß der scharfgeschliffene „Schläger“ die Haut ritzt. Andererseits erfährt er dabei auch durchaus keinen solchen Reibungs-Widerstand, daß dadurch der elastische Rückstoß unterdrückt würde. — Ich weise noch hin auf den Gegensatz zum Fechten mit Säbeln, das nachdrücklich sein soll; und bitte im übrigen den Leser, sich an beliebigen weiteren Beispielen den, stets wiederkehrenden, Gegensatz zu demonstrieren zwischen schnellen Bewegungen mit und ohne elastischen Rückstoß; mit äußeren „Prellböcken“ oder mit inneren in den Gelenken oder durch die Schwerkraft; oder ohne „Prellböcke“ auf offener Strecke nur mit Vernichtung des Rückstoßes durch, mühsam hergestelltes, Gleichgewicht der elastischen Kräfte in den antagonistischen Muskelgruppen. —

Nach allem, was ich im vorstehenden auseinander gesetzt habe, dürfte nun zur Genüge folgendes klar sein: Der elastische Rückstoß, dessen Stärke bei einem Gummiband nur abhängt von der Differenz zwischen der einen und der anderen dehnenden Kraft, wenn das Gummiband keinem sonstigen Einfluß unterliegt; — dieser elastische Rückstoß hängt, wenn ein Muskelband gedehnt wird, viel weniger ab von der Stärke der dehnenden Kraft als davon, welche wechselnde elastische Kraft das Muskelband aus den Nerven erhält. Und die Stärke dieser wechselnden elastischen Bremskraft hängt ganz ab davon, was die motorische Maschine gerade intendiert. Gegenüber von dieser Kausalität verschwindet bei schnellen Bewegungen diejenige, welche bloß abhängig ist von der Länge und Kürze des Muskelbandes, und welche, wie ich in meinem ersten Kapitel auseinandergesetzt habe, sehr wichtig ist für die Bremsung gegen die bloſse Schwerkraft. Die Kraft, welche den elastischen Rückstoß bewirken soll, muß in vielen Fällen gleichsam erst eigens „vorgespannt“ werden eben zu dem Zweck, daß sie den elastischen Rückstoß bewirken soll, z. B. in folgendem Fall: Ich habe oben auseinandergesetzt, daß beim Aufwärts-Schlagen des Armes bis zur Horizontalen die zunehmende Wirkung der Schwerkraft genügt, um Stillstand zu bewirken, und daß deshalb in diesem Fall durchaus keine Tendenz besteht zu elastischem Rückstoß. In diesem Falle bedarf es also keiner besonderen Vorsorge dafür, daß kein elastischer Rückstoß eintritt. Selbstverständlicherweise kann aber auch diese Bewegung mit elastischem Rückstoß ge-

macht werden. Damit dies aber geschieht, muß die Bremsung, die im andern Fall unbedeutend ist, erst eigens vermehrt werden, und damit natürlich auch die Kraft, welche die Bewegung bewirkt. Denn diese muß jetzt so groß sein, daß sie in das Gleichgewicht kommt mit der Schwerkraft plus der gesteigerten Bremskraft, welche den elastischen Rückstoß bewirkt. In diesem Falle ist also die vermehrte Bremskraft bloß zu dem Zweck aufgewendet worden, damit sie für den elastischen Rückstoß bereit steht. Denn für die Bewirkung des bloßen Stillstandes hätte in diesem Falle die Schwerkraft genügt, auch wenn die Bewegung mit maximaler Geschwindigkeit begonnen worden war. — Noch deutlicher wird das, worauf es ankommt, dann, wenn man betrachtet, was geschieht, wenn man auch noch durch den oberen Quadranten durchschlägt. In diesem Fall muß die Bremsung noch geringer sein, weil die Bewegung auch noch das größere Drehungs-Moment der Schwerkraft überwindet und erst an den Gelenk-Grenzen zum Stillstand kommt. Und dabei ist es nun auch sehr schwierig, einen elastischen Rückstoß zu erzielen, während ein solcher hinwiederum ganz von selbst eintritt, wenn man die Bewegung nur durch einen Teil des oberen Quadranten fortsetzt. Wenn man dazu von vornherein die Intention hat, dann muß, selbstverständlicherweise, auch von vornherein die Bremskraft darauf gerichtet sein, daß sie die Bewegung vorher zum Stillstand bringt, ehe sie an der Gelenk-Grenze ihr Ende finden würde. —

Ich glaube, daß man, ohne besondere Schwierigkeiten, viele Bewegungs-Phänomene im Körper begreifen kann, wenn man sie immer unter den Gesichtspunkten betrachtet, die ich im vorstehenden erörtert habe. Ich, für meine Person, kann wenigstens sagen, daß ich vieles, was ich früher einfach nicht gesehen habe, deutlich sehe, seitdem ich allmählich unterscheiden gelernt habe zwischen dem, was mit, und dem, was ohne elastische Bremsung geschieht. —

Ein, durch den elastischen Rückstoß bewirktes, bloß einmaliges, Hin- und Herschwirren einer Bewegung ist in der motorischen Maschinerie wohl von keiner besonderen Wichtigkeit, weder bei Tieren, noch bei Menschen. Der mechanische Effekt einer solchen Bewegung, die keinen Nachdruck haben darf, muß gering sein. (Oben habe ich auf das Beispiel hin-

gewiesen von dem „schwirrenden“ Schläger, der nur die Haut ritzen soll.) Man wird ein solches einmaliges Hin- und Herschwirren deshalb hauptsächlich bei solchen Bewegungen finden, durch welche bloße Zeichen gegeben werden, z. B. bei einem lebhaften „Abwinken“, bei den dirigierenden Bewegungen des Taktstocks und ähnlichem; welche Beispiele sich jeder Leser selbst vermehren mag. Doch könnte man dieses alles ja wohl auch langsamer und weniger „schnellend“ machen, ohne daß dadurch ein wesentlicher Unterschied bedingt wäre. Und wenn es sich bloß um dieses handelte, dann wäre auch ich wohl niemals auf die wesentliche Bedeutung gekommen, welche die Bewegungen mit elastischem Rückstoß haben, im Gegensatz zu den Bewegungen, welche keinen Gebrauch von ihm machen. Diese Bedeutung hat er aber für die, maximal schnelle, ununterbrochene Folge gleicher Bewegungen, über welche man am Einfachsten Klarheit gewinnen kann, wenn man sie auf Papier schreibt. Nur weil ich seit Jahren bei allen Experimenten, die ich begann in der Absicht, einen Einblick zu gewinnen in die Tätigkeit des Schreibens, immer wieder auf seine Wirkung oder Nichtwirkung gestoßen bin, ist mir überhaupt die Bedeutung des elastischen Rückstoßes allmählich zum Bewußtsein gekommen. Ich hatte vieles von dem, worüber ich jetzt berichten will, schon Jahre lang wahrgenommen, aber durchaus nicht verstanden. Und erst aus dem unbefriedigten Zustand, in welchen ich dadurch geraten war, ist allmählich meine Beschäftigung erwachsen mit dem, was ich im Vorstehenden auseinandergesetzt habe. —

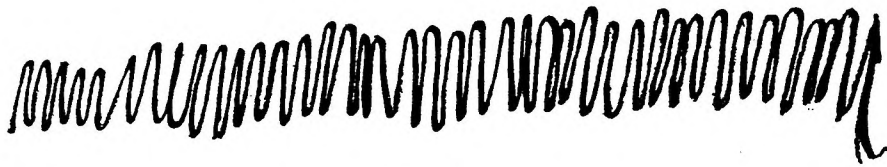
Von dem, was ich im Nachstehenden in dieser Hinsicht mitzuteilen habe, denke ich, daß es geeignet sein wird, dem Leser Manches deutlicher zu machen, was ihm bisher noch unklar geblieben war. Man betrachte zuerst diese zwei verschiedenen Figuren (s. S. 403).

Die Wegstrecken der Figur 7 können nur ganz bedeutend langsamer zurückgelegt werden als die der Figur 8, weil sie nicht mit elastischem Rückstoß gemacht werden können. Bei gleichem Streben nach maximaler Geschwindigkeit bringt man es in dem Fall der Figur 7 bloß auf zwei, in dem Fall der Figur 8 auf sechs bis neun in der Sekunde. Sobald man es bei der Figur 7 schneller machen will, gerät man in andere Formen,



Figur 7.

Bewegungen, die nicht mit elastischem Rückstoß gemacht werden können: zwei in der Sekunde.



Figur 8.

Bewegungen, die nur mit fortwährendem elastischem Rückstoß gemacht werden können: sechs in der Sekunde.

die sich denen der Figur 8 nähern mit deutlicher Tendenz zu elastischem Rückstoß. Mittelst des elastischen Rückstoßes wird also auch hiebei in dem dritten Teil der Zeit (und in noch weniger) das Gleiche in Hin- und Herbewegungen geleistet, verglichen mit dem, was ohne elastischen Rückstoß geleistet werden kann. Wie ich oben (auf Seite 388) gesagt habe, daß der entsprechende Zeitverlust entstehe bei den Unterbrechungen, durch welche jedes Mal der elastische Rückstoß unterdrückt wird; so ergibt sich hier das Gleiche bei einer ununterbrochenen Bewegung, die aber überhaupt ohne elastischen Rückstoß geschieht. Und wer diese Unterschiede in sein Bewußtsein aufgenommen hat, der wird eine Menge analoger „graphischer“ Erscheinungen sofort als notwendig und selbstverständlich erkennen.

Der große Zeitverlust, den z. B. ein Punkt bewirkt, wird aus allem Vorhergehenden auch unmittelbar verständlich. Wenn ich mittelst des elastischen Rückstoßes nur vertikale Striche von einigen Centimetern Länge auf das Papier werfe, so bringe ich es immer, ohne jede Schwierigkeit, mindestens auf sechs in der Sekunde. Wenn ich aber jedes Mal einen Punkt unter den Strich setze (die Figur des Ausrufungs-Zeichens: !); dann bewirkt dieser, scheinbar so unbedeutende, Punkt einen solchen Zeitverlust, daß ich es mit größter Anstrengung nur auf zwei in der Sekunde bringe, wobei die Striche, in dem einen und in dem anderen Fall, die gleiche Länge haben. Wenn man das, was in dem einen und in dem anderen Fall gemacht wurde,

bloß betrachtet unter dem Gesichtspunkt des zurückgelegten Weges, dann kann man nicht recht begreifen, daß der kleine Punkt, den man doch auch mit größter Geschwindigkeit hinsetzt, den gesamten Weg, der in der Sekunde zurückgelegt wird, auf ein Drittel reduziert im Verhältnis zu dem Weg, der zurückgelegt wird ohne Punkt. — Sobald man aber daran denkt, daß in dem einen Fall der elastische Rückstoß verwendet werden kann, in dem anderen aber unterdrückt werden muß, ist alles klar. —

In dieser Weise kann man nun viele von den geläufigen Bewegungs-Formen der Buchstaben, der Zahlen, der Interpunktions-Zeichen und manches andere konventionell festgesetzte, z. B. auch manches Stenographische, analysieren unter dem Gesichtspunkt: ob es mit oder ohne elastischen Rückstoß geschieht? Und überall, wo etwas sehr schnell und leicht geschehen kann, wird man den elastischen Rückstoß in Aktion finden. Hiefür will ich noch einige Beispiele geben von lateinischen Buchstaben, die für Jedermann unmittelbar verständlich sein müssen; im übrigen es dem Leser überlassend, sich die Beispiele auch noch aus anderen Gebieten beliebig zu vermehren.

Die Buchstaben-Figur a geht z. B. sehr leicht und glatt. Man macht sie in der Sekunde, ohne Schwierigkeit, zwei Mal, also so schnell, als man überhaupt unterbrochene Figuren machen kann (nach dem, was wir schon häufig gefunden haben).

Um das Verhältnis festzustellen zwischen den Längen der Wegstrecken, welche bei den verschiedenen Buchstaben, Zahlen u. s. w. durchlaufen werden, habe ich die Figuren in sehr großem Format auf ein übereinstimmendes Linien-System geschrieben, dann auf diese verschiedenen Figuren Bleidraht gelegt und die Längen an dem Bleidraht gemessen. Die Verhältnisse, die sich dabei für die Weglängen dieser großen Figuren ergeben, gelten dann auch für den Fall, daß man nachher die Buchstaben, Zahlen u. s. f. so klein macht, wie es dem geläufigen Schreiben entspricht.

Für die Buchstaben-Figur des a ergibt sich, bei dieser Messung, die Verhältniszahl: 15 cm; für die des α : 11 cm Länge. Der Weg, der bei α zurückgelegt wird, ist also fast um ein Drittel kürzer als der bei a . Trotzdem kann man beträchtlich weniger mal die Figur des α in derselben Zeit schreiben als die Figur des a . Wenn man die Figur des α richtig und unverstümmelt schreibt, so bringt man es nur auf wenig mehr als eins in der Sekunde; und sobald man es auf eine größere Zahl von α -Figuren

in der Sekunde bringt, so ist das Bögchen am Schluß nicht mehr richtig gemacht. In diesem Bögchen liegt die Ursache der starken Verlangsamung. Der Buchstabe *a* geht leicht und rasch, weil er einfach aus zwei, gleich hohen, Hin- und Herwegen besteht mit elastischem Rückstoß, und weil von dem Ende der einen Figur die Fortsetzung der Bewegung sofort wieder an den Anfang der neuen führt. Eine Unterdrückung der Maschinerie des elastischen Rückstoßes, der von selbst läuft, findet deshalb immer nur da statt, wo die Figur wieder neu angefangen wird. Hingegen bei der Figur des *κ* muß auf den ersten größeren Hin- und Herweg ein kleinerer folgen. Dadurch wird der elastische Rückstoß schon nach einem Doppelschlag unterdrückt. Das Bögchen kann nicht gemacht werden durch einfache Fortsetzung der Bewegung mittelst des vorigen elastischen Rückstoßes. Sondern es muß für das Bögchen eine neue Verteilung der elastischen Kräfte vorgenommen werden. Dies ist die eine Ursache des vermehrten Zeitaufwandes bei der Figur *κ*. — Die andere ist diese, daß am Schluß der Figur der Bleistift sich oben befindet, während die nächste Figur unten anfängt. Dieser Weg von oben nach unten muß dann auch noch, und zwar ohne elastischen Rückstoß, zurückgelegt werden. Es entsteht also zuerst oben ein Halt und dann nochmals einer vor Beginn der nächsten Figur. — Weil die Figur oben endigt, so ist häufig dieses bemerklich, daß die *κ*-Figuren, die man in horizontaler Reihe nebeneinanderzusetzen sucht, eine Tendenz zeigen, sich in einer aufsteigenden Reihe zu folgen. Denn wenn der Weg sukzessive kürzer gemacht wird zwischen dem Ende der vorhergehenden und dem Anfang der nächsten Figur; so muß die nächste Figur immer etwas höher anfangen als die vorhergehende. —


Die Figur: *n* hat, selbstverständlicherweise, eine größere Weglänge als die Figur *κ*; sie hat die gleiche Verhältnis-Zahl wie *a*, nämlich 15 cm. Aber auch dieser längere Buchstabe geht erheblich schneller als *κ* aus den gleichen Gründen wie das *a*; nämlich erstens, weil auch hier zwei, gleich hohe, Doppelschläge gemacht werden; zweitens weil der Beginn der nächsten Figur in der unmittelbaren Fortsetzung der vorhergehenden liegt. Dementsprechend bringt man es auch bei der Figur des *n*, ohne alle Schwierigkeit, auf zwei in der Sekunde und darüber. Und sogar die Figur des *m*, deren Weglänge die

Verhältniszahl 22 cm hat, also das Doppelte im Vergleich zu der Figur des \mathfrak{r} , geht deutlich schneller als diese. Auch bei ihr bringt man es ohne Mühe auf zwei in der Sekunde. So wenig kommt an auf die Weglänge und so viel darauf, daß man in, gleich hohen, Hin- und Herwegen mit elastischem Rückstoß die Figur durchlaufen kann; und daß das Ende der einen gleich wieder am Anfang der nächsten Figur ist. Diese Figur des m ist aus diesen Gründen, im Verhältnis zu ihrer Weglänge, die schnellste von allen. —

In dieser Weise bieten die Kombinationen von Bewegungen, welche uns in den Figuren der Buchstaben, als so überaus geläufige, gegeben sind, eines der bequemsten Mittel, um die Wirkung oder Nichtwirkung des elastischen Rückstoßes zu studieren; und man hat mit diesem Hilfsmittel die mannigfachsten Möglichkeiten der Untersuchung.

Wenn man z. B. versucht die α -Figuren ohne Unterbrechung mit maximaler Geschwindigkeit aneinanderzureihen, so stellt sich sofort heraus: daß man dieses durchaus nicht kann. Es kommen dann einfache Hin- und Herbewegungen wie oben in der Figur 8 auf S. 403. Denn wenn keine Pause gemacht wird, so kann auch die horizontale Bewegung, mit welcher die Figur α anfangen muß, nicht zu stande kommen sondern nur die vertikalen Bewegungen durch ununterbrochene elastische Rückstöße. Deshalb kann man sagen, daß die Verbindung zweier α -Figuren eine unbequeme ist. Dagegen ist z. B. die Anhängung eines e an die meisten Buchstaben sehr bequem, und besonders gilt dies für \mathfrak{re} , von dem man sagen kann, daß es kaum mehr Zeit braucht als \mathfrak{r} allein. Dies rührt daher, daß in den Anfang des e der elastische Rückstoß des vorhergehenden Bögchens unmittelbar übergehen kann; und das Ende des e führt dann unmittelbar an den Anfang des nächsten \mathfrak{r} . — Buchstabenverbindungen in Silben und Wörtern brauchen, selbstverständlicherweise, überhaupt weniger Zeit als die gleichen Buchstaben, wenn sie getrennt geschrieben werden (durchschnittlich zwei in der Sekunde getrennt, vier in der Sekunde verbunden). Und eine Schrift wird immer um so mehr „kursiv“ sein, je weniger Absätze in ihr gemacht werden müssen.

Häufig müssen ja schon innerhalb der Buchstaben selbst Absätze gemacht werden, wie z. B. im k ; und dieses kostet immer Zeit, ebenso wie dieses, daß ein Buchstabe so aufhört, daß sein

Schluss entfernt ist von dem Anfang des nächsten Buchstabens. So ist z. B. die Figur:  aus diesem Grunde unbequemer als die Figur: *d*. Und auch in den Lehrbüchern der Stenographie finde ich, wie dies ja notwendigerweise so sein muß, die Betonung der „flüchtigen und verbindungsfähigen Schriftzeichen“.

Weil aber dieser Abschnitt den Titel trägt: Bewegungen mit und ohne elastischen Rückstoß; — so darf ich mich nicht weiter verlieren in „graphologische“ Einzelheiten. Sondern ich begnüge mich mit den angeführten Beispielen aus diesem Gebiet, die wohl zur Genüge den, allgemeinen und prinzipiellen, Satz deutlich gemacht haben werden, daß auch für die „Graphologie“ die Berücksichtigung der Unterscheidung: mit? oder ohne? elastischen Rückstoß? von wesentlicher Bedeutung sein muß. Die Beispiele hiefür ließen sich in das Unendliche vermehren. Und besonders werden einem die Tendenzen klarer, die sich bei sehr raschem Schreiben zeigen: daß nämlich die Verstümmelung der Buchstaben immer geschieht in dem Sinne einer möglichst häufigen Benützung des elastischen Rückstoßes; was sich jeder Leser sofort an einer Menge von Beispielen veranschaulichen kann, wenn er einen Bleistift zur Hand nimmt. Der Kalligraph, der seine Buchstaben langsam und säuberlich hinmalt, benützt dagegen den elastischen Rückstoß nur sehr wenig, braucht deshalb auch unvergleichlich mehr Zeit als derjenige, der sich vornimmt so schnell zu schreiben, als er kann. —

Es ist vielleicht nicht ganz überflüssig, wenn ich, in Bezug auf die Verwendung des elastischen Rückstoßes zu dem speziellen Zweck des schnellen Schreibens, noch folgende, allerdings wohl fast selbstverständliche, Bemerkung anfüge: Die fortschreitende Bewegung von links nach rechts, die in den Gelenken des Vorderarms (durch Extension im Ellbogen-Gelenk und durch Supination) und auch im Schultergelenk zu stande kommt, greift so in die Maschinerie des elastischen Rückstoßes ein, daß dieser selbst dadurch gar nicht berührt wird. Während seine Bewegung ununterbrochen mit maximaler Geschwindigkeit im Handgelenk und in den Fingergelenken weitersaust, bewegt sich der Arm langsam so von links nach rechts, wie es nötig ist dafür, daß nicht auf einer und derselben Stelle geschrieben wird. Diese fortschreitende Bewegung des Armes nach rechts ist mit der eigentlichen Schreib-Bewegung eng verbunden. Man kann sich hievon auch dadurch überzeugen, daß man den Versuch macht, ohne die Bewegung, auf einer und derselben Stelle mit maximaler Geschwindigkeit Striche ineinander zu machen. Man merkt dann sofort, daß dies weniger natürlich ist; daß man sich etwas Zwang antun muß dazu, daß man auf der gleichen Stelle bleibt. Wenn man sich weiter gar nichts vornimmt als

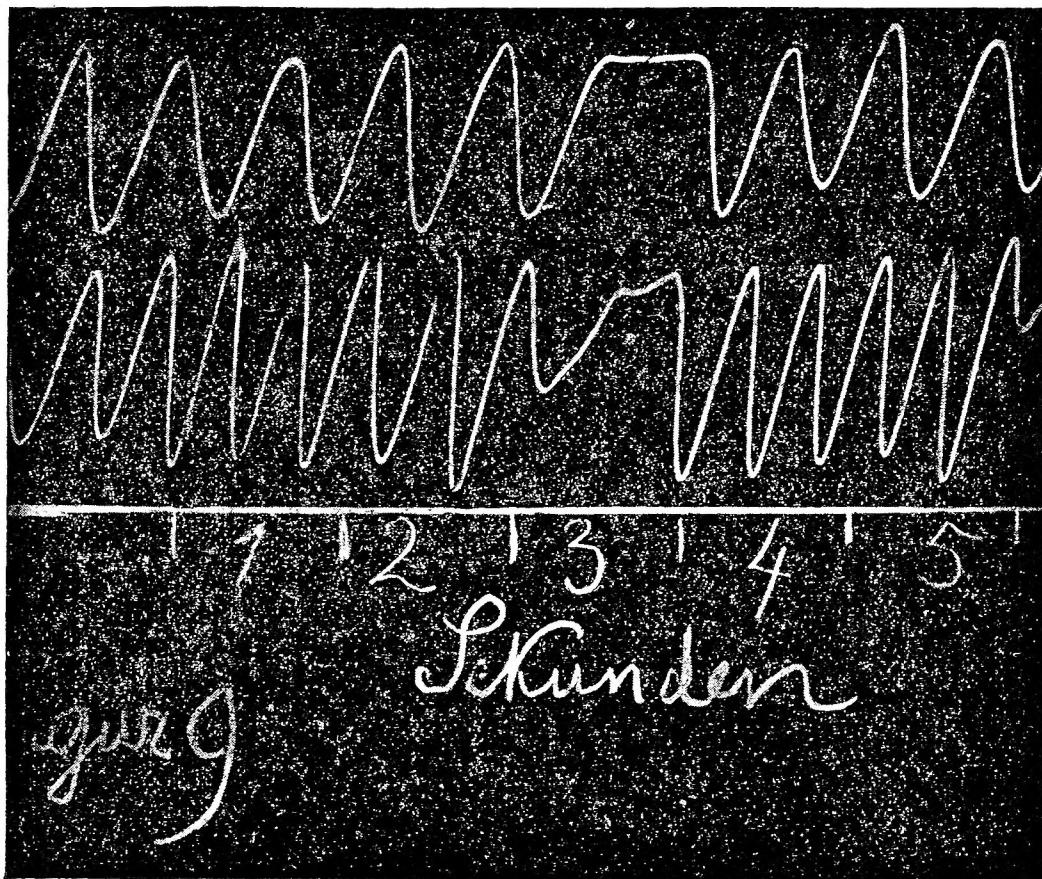
eben nur dieses: mit maximaler Geschwindigkeit Striche auf das Papier zu werfen; dann macht man es niemals auf der gleichen Stelle sondern schreitet nach rechts fort.

Wenn ich die Figur des Ausrufungs-Zeichens mache, so bringe ich es wenigstens auf zwei in der Sekunde, weil doch der Strich gemacht wird mittelst des elastischen Rückstoßes derjenigen Bewegung, welche von dem Punkt zu dem Anfang des Strichs geführt hat. Es tritt nur eine Pause ein, und für diesen Fall haben wir zwei in der Sekunde schon häufig als Zahl der Geschwindigkeit gefunden. Wenn ich aber auch noch oben einen Punkt über den Strich setze, dann bringe ich es höchstens auf eine solche Figur in der Sekunde, weil in diesem Fall der elastische Rückstoß völlig verloren geht, und, sowohl oben als unten, eine Pause eintritt. Und trotz dieser großen Langsamkeit strengt dies auch noch unvergleichlich mehr an, als wenn ich in der Sekunde sechs bis acht Striche (mit elastischem Rückstoß) hinwerfe. Denn wenn die Maschinerie des elastischen Rückstoßes, ohne alles weitere Zutun, ganz von selbst läuft, dann geschieht dies mit denselben Gefühlen behaglichen Zuschauens, auf die ich oben (S. 382), in dem analogen Falle hingewiesen habe, wo ich sprach von dem „behaglichen Baumeln“ unter der Wirkung der Schwerkraft. —

So selbstverständlich dieses alles ist, sobald man den elastischen Rückstoß richtig zu veranschlagen versteht; so muß ich doch sagen: einesteils daß ich selbst früher für alle derartigen Erscheinungen nicht das mindeste Verständnis gehabt habe; andernteils daß ich auch noch niemals auf etwas Gedrucktes gestoßen bin, aus dem ich den Schluß ziehen dürfte, daß andere diese Erscheinungen in unserer motorischen Maschine schon verstanden oder auch nur beachtet hätten. Ich glaube deshalb nicht, daß ich in den vorstehenden Auseinandersetzungen Überflüssiges gesagt habe, obgleich ja zweifellos vieles davon sofort als selbstverständlich erscheinen muß, sobald es nur einmal ausgesprochen ist. —

Ich habe oben (S. 385) gesagt, daß ich noch genauere Angaben werde machen können über die zeitlichen Verhältnisse der Bewegungen mit und ohne elastischen Rückstoß. Über diesen Punkt will ich deshalb im Nachstehenden noch Einiges mitteilen. Eine gute Probe darauf: ob eine Bewegung, welche ohne Unter-

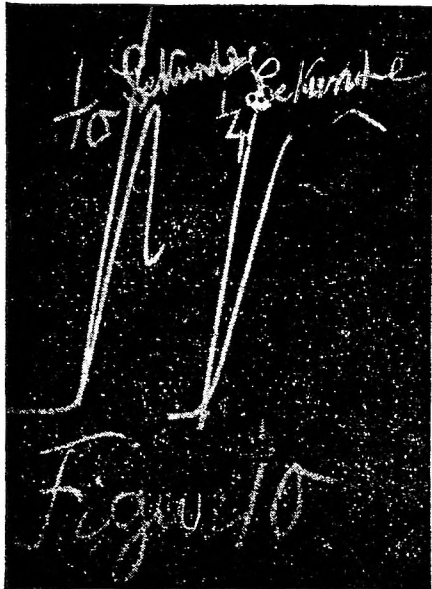
brechung gleichmäßig fortläuft, mit? oder ohne? elastischen Rückstoß geschieht, kann man in der Weise anstellen, die durch die Figuren 7 und 8 (S. 403) veranschaulicht ist. Solange man noch die Linien der Figur 7 machen kann, handelt es sich nur um eine Geschwindigkeit, welche noch nicht bewirkt sein kann durch den elastischen Rückstoß. Denn sobald der elastische Rückstoß in Aktion tritt, ist es unmöglich in der Linie der Figur 7 zu bleiben; man muß dann in die Figur 8 verfallen. Die größte Geschwindigkeit aber, bei der man noch die Formen der Figur 7 festhalten kann, ist wenig über zwei in der Sekunde. Und auch wenn ich den rotierenden Cylinder dazu benütze, um einen Einblick in zeitliche Verhältnisse zu gewinnen; so komme ich gleichfalls zu dem Ergebnis, daß diejenigen fortlaufenden Bewegungen, welche man jederzeit unterbrechen kann, die unter fortwährender nervöser Regulierung und also nicht mit elastischem Rückstoß geschehen; — daß diese nur etwa die Geschwindigkeit von zwei in der Sekunde haben können. Wenn diese Geschwindigkeit überschritten ist, so tritt schon immer der elastische Rückstoß auf, wie aus der Figur 9 unmittelbar abgesehen werden kann.



Figur 9.

Obere Reihe (zwei in der Sekunde) ohne elastischen Rückstoß; untere Reihe (drei in der Sekunde) schon mit elastischem Rückstoß. In der oberen Reihe kann man unmittelbar Halt machen; in der unteren Reihe ist dies schon nicht mehr möglich.

Das Gleiche ist ersichtlich aus Figur 10. Hier habe ich an jedes der beiden Bilder nachher, bei stillstehendem Cylinder, die Linie angezeichnet, welche die Stange in diesem Falle anschreibt. Die Entfernung dieser Linie von den Spitzen der Figuren, die auf dem Cylinder in Bewegung gezeichnet worden sind, ist dann das Maß für die Zeit der Bewegung. Der Umfang des rotierenden Cylinders ist 60 cm, die Zeit des Umlaufs 30 Sekunden. Ein Millimeter bedeutet folglich fünf Hundertstel-Sekunden. In der ersten Figur beträgt die Ent-



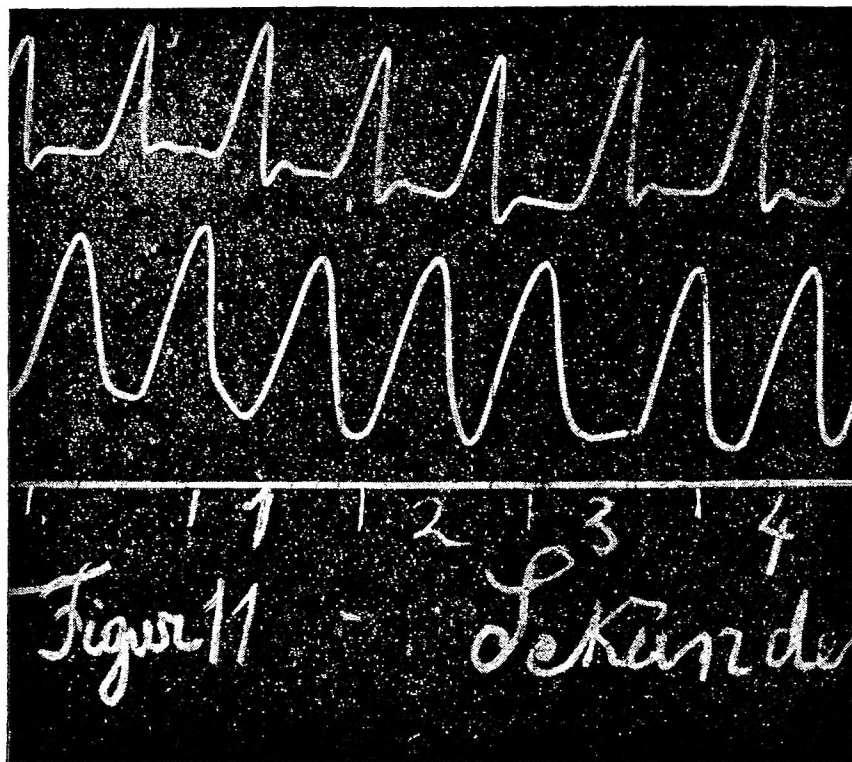
Figur 10.

Die erste Bewegung, mit elastischem Rückstoß, ist ausgeführt mit einer Geschwindigkeit, die nicht mehr in dauernder nervöser Regulierung steht. Bei der zweiten Bewegung, ohne elastischen Rückstoß, ist diese Grenze der Geschwindigkeit nicht überschritten.

fernung 2 Millimeter, die Zeit war also eine Zehntel-Sekunde; in der zweiten 5 Millimeter, also eine Viertel-Sekunde. Wenn die erste Figur fortlaufend gemacht worden wäre, so wäre auf den Hin- und Herweg jedesmal eine Fünftels-Sekunde gekommen, auf die Sekunde also fünf Hin- und Herwege; bei der zweiten entsprechend eine halbe, also zwei Hin- und Herwege in der Sekunde. Diesem zeitlichen Unterschied gemäß ist, unter sonst völlig gleichen Bedingungen, in der ersten Figur ein starker elastischer Rückstoß eingetreten, in der zweiten dagegen keiner.

Endlich gibt die Figur 11 den besten Einblick in die verschiedenen zeitlichen Verhältnisse, je nachdem die Bewegung langsam oder schnell ist. In der oberen Reihe sind Bewegungen aufgezeichnet, die schnell und mit elastischem Rückstoß geschehen. Wenn dieser, nach einmaligem Hin- und Herweg, nicht unterdrückt würde, so ergäbe sich die Figur 2 (s. oben S. 387) mit fünf bis sechs Hin- und Herwegen in der Sekunde. Weil aber der Rückstoß unterdrückt wird, so entsteht ein Halt

und eine Pause, auf welche mindestens eine Drittels-Sekunde kommt. Und das Wesentliche ist nun, daß diese Pause nicht beliebig abgekürzt werden kann. Wenn man den elastischen Rückstoß einmal unterdrückt hat, und wenn man also die Bewegung fortsetzen muß mittelst neuer Verteilung der elastischen Kräfte durch die Nerven; — dann braucht man dazu eine Drittels-Sekunde; und vorher geht es nicht, kommt man nicht weiter. Wenn man dagegen die Bewegung so ausführt wie in



Figur 11.

Obere Reihe: a) Elastischer Rückstoß; b) Unterdrückung; c) Pause von einer Drittels-Sekunde.

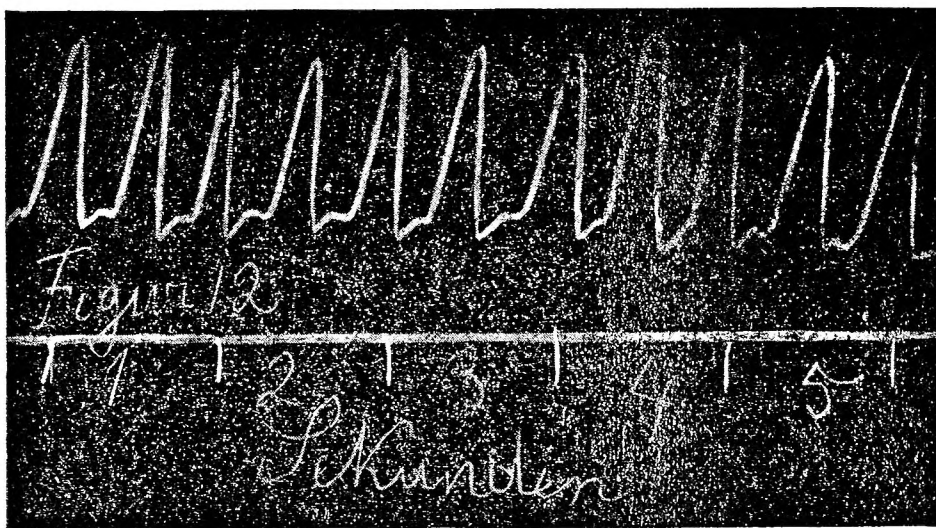
Untere Reihe: Kein elastischer Rückstoß, keine notwendige Pause.

der unteren Reihe, mit geringerer Geschwindigkeit und demgemäß ohne elastischen Rückstoß; dann steht die Bewegung immer in fortwährender Regulierung durch die Nerven; und daraus folgt als selbstverständlich, daß man, innerhalb der Grenzen dieser Geschwindigkeit, wenn man überhaupt an jeder Stelle sofort die Bewegung unterbrechen kann, so auch die Pausen zwischen den einzelnen Figuren beliebig lang oder kurz machen kann; wie aus der unteren Reihe der Figur 11 unmittelbar ersichtlich ist.

Auf diesen Unterschied habe ich ja, im Laufe dieser Abhandlung, schon wiederholt hingewiesen und speziell auch darauf, daß, wegen dieser langen Pausen, die langsame Bewegung in

ihren Wiederholungen es schliesslich gerade so weit bringt wie die schnelle; und daß besonders auch der Übergang aus einer Haltung in die andere durch eine langsame Bewegung in gewissem Sinne sogar schneller sich vollzieht als durch eine solche schnelle Bewegung, an deren Ende die Unterdrückung des elastischen Rückstoßes Mühe und Zeit kostet (vgl. oben die Figuren 4 u. 5 S. 393 und 394). —

Ich muß nun speziell noch die Aufmerksamkeit lenken auf folgenden Punkt: Gerade nach der nervösen Unterdrückung des elastischen Rückstoßes tritt die lange Pause ein, ehe man die neue Bewegung wieder beginnen kann; eine Pause, deren Betrag nicht leicht kürzer gemacht werden kann als eine Drittels-Sekunde. Wenn man den elastischen Rückstoß nicht durch elastische Bremsung, sondern dadurch unterdrückt hat, daß man gegen einen Widerstand geschlagen hat, so kann man nach einer viel kürzeren Pause die Bewegung wieder fortsetzen, wie dies aus der Figur 12 unmittelbar ersichtlich ist.



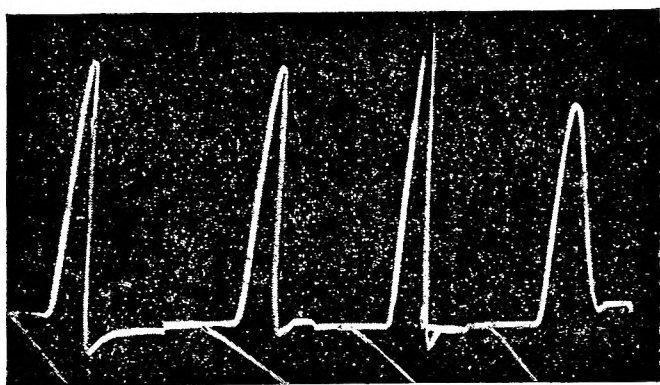
Figur 12.

Der elastische Rückstoß ist unterdrückt am Ende eines Hin- und Herbwegs, aber nicht durch elastische Bremsung „auf freier Strecke“, sondern durch einen „Prellbock“. Die Pause bis zum Beginn der nächsten Bewegung ist deshalb viel kürzer als in der oberen Reihe der Figur 11.

Hier ging die Stange mit der Schreibspitze aus von und wieder zurück zu einer Querstange, auf welche jedesmal bei dem Rückweg stark aufgeschlagen wird. Dadurch wird der elastische Rückstoß, wie aus der Figur 12 unmittelbar abgelesen werden kann, in einer Weise durch den äußeren Widerstand vernichtet, welcher elastische Bremsung unnötig macht. Wenn man nun, aus diesem Zustand heraus, nach viel kürzerer Pause

die neue Bewegung wieder beginnen kann; so ist hieraus die Folgerung zulässig: daß in dem anderen Falle die lange Pause gerade bedingt ist durch den Zeitaufwand, der notwendig ist für das Verschwinden der Vermehrung der elastischen Kraft, durch welche der elastische Rückstoß unterdrückt worden war. In diesem Sinne fasse ich den erheblichen Unterschied auf, der besteht zwischen der oberen Reihe der Figur 11, in welcher der elastische Rückstoß unterdrückt worden ist durch rein elastische Bremsung aus den Nerven „auf freier Strecke“; und der Figur 12, in welchem die Unterdrückung einfach mittelst eines „Prellbocks“ geschehen ist.

Ich kann auch auf eine andere Art beweisen, daß man eine Bewegung nach einer kürzeren Pause beginnen kann, als es diejenige der oberen Reihe der Figur 11 ist; wenn man sie nämlich beginnt aus einem Zustand der Ruhe heraus, in welchem man jederzeit auf den Beginn der Bewegung „gefaßt“ ist.



Figur 13.

Die Marke, der schräge Strich nach abwärts, ist von einer anderen Person gemacht. Die Bewegung nach aufwärts beginnt sobald als möglich, nachdem die markierende Bewegung wahrgenommen worden ist. Obgleich der ganze Weg von der Marke durch das Auge in der Zeitstrecke eingeschlossen ist, so ist diese doch immer erheblich kürzer als in der oberen Reihe der Figur 11 (eine Fünftels- gegenüber von einer Drittels-Sekunde).

Die einzelnen Figuren haben hier keinen Zusammenhang untereinander sondern sind nur nachträglich zusammengeklebt worden, der leichteren Übersichtlichkeit wegen.

In Figur 13 ist die Marke von einer anderen Person gemacht, und zwar hart neben der schreibenden Spitze. Wenn gar keine Zeit verflösse zwischen der markierenden Bewegung der anderen Person und dem Beginn der Bewegung nach aufwärts, dann müßte die Zwischenstrecke sich auf Null reduzieren. Dies ist, selbstverständlicher Weise, nicht möglich. Denn schon

der Weg durch das Auge und Hirn in die Muskelgruppe, welche nach oben schlägt, kann nicht zeitlos sein. Obgleich aber auch dieser Weg in diesem Falle noch dazu kommt, so ist trotzdem in dieser Figur 13 die Zeitstrecke erheblich kürzer als in der oberen Reihe der Figur 11, in welcher gar kein äußeres Signal wahrgenommen sondern nur die Bewegung so schnell als möglich wieder aufgenommen werden muß, nachdem durch elastische Bremsung der Rückstoß unterdrückt worden war. Und auch hieraus dürfte die Schlußfolgerung gerechtfertigt sein, daß der, auffallend große, Zeitaufwand in der oberen Reihe der Figur 11 bedingt ist gerade nur durch den Übergang aus dem Zustande der Verteilung der elastischen Kräfte, welcher nötig ist für die Unterdrückung des elastischen Rückstoßes, in den Zustand, der für die neue Bewegung notwendig ist. —

Wenn man sich dieses alles immer wieder recht anschaulich gemacht hat, dann wird man sich nicht mehr über die großen Pausen wundern, auf welche ich im Vorstehenden so oft hinzuweisen hatte und welche jedes Mal entstehen, wenn man eine Bewegung, die, ohne weiteres, mit elastischem Rückstoß fortliefe, durch elastische Bremsung unterdrückt. In der Zeit, die vergeht, bis man dann wieder anfangen kann, wäre, mittelst des ungestörten elastischen Rückstoßes, die Maschinerie zwei- bis dreimal hin- und hergelaufen.

Ich kann also folgende Skala der Geschwindigkeit für Hin- und Herwege aufstellen :

Erstens: Eine schnelle Hin- und Herbewegung, von sechs bis neun Schlägen in der Sekunde, ist nur möglich mittelst fortlaufenden elastischen Rückstoßes.

Zweitens: Eine Unterbrechung des elastischen Rückstoßes durch einen äußeren Widerstand verlangsamt zwar auch sehr bedeutend, aber doch nicht so stark wie

in dem Falle Drittens: Die größte Pause tritt dann ein, wenn, durch rein elastische Bremsung, der Rückstoß unterdrückt werden mußte. —

Wenn man aber die Bewegung von vornherein so langsam macht, das heißt: so durch die Nerven moderiert, daß gar kein elastischer Rückstoß zu stande kommt; dann kann man es nur auf die Geschwindigkeit von höchstens drei Hin- und Herwegen in der Sekunde bringen. Aber diese langsame Bewegung ist auch eine gleichmäßige, ohne die Notwendigkeit von Pausen;

ebenso wie die schnelle, welche durch den fortlaufenden elastischen Rückstoß zu stande kommt. Und die langsame Bewegung hat den Vorteil, daß sie jederzeit und an jedem Punkte unterbrochen werden kann, ohne daß weder ein elastischer Rückstoß eintritt, noch daß er mühsam unterdrückt werden muß. —

Der vorstehende Abschnitt hat gehandelt bloß von den einfachen Hin- und Herwegen; und zwar von denen in den Muskeln der Arme und Beine, und zwar ferner bloß mit den natürlichen Widerständen in diesen Gliedern ohne künstliche Vermehrung derselben; sowie ohne spezielle Berücksichtigung der Länge der Wegstrecken. —

Die folgenden Abschnitte werden wesentliche Ergänzungen bringen in Hinsicht auf jeden der Punkte, die ich mit diesen einschränkenden Formulierungen angedeutet habe.

(Fortsetzung folgt.)

(Eingegangen am 16. März 1903.)
