

Aus der Neurologischen Abteilung des Alterskrankenhauses der Stadt Wien-Lainz  
(Vorst.: Prim. Doz. Dr. W. BIRKMAYER)

## Physikalische Analysen extrapyramidaler Bewegungsstörungen\* \*\*

Von  
**W. BIRKMAYER und D. SEEMANN**

Mit 7 Textabbildungen

(Eingegangen am 22. Juli 1957)

Der klinischen Beobachtung fällt es nicht schwer, aus dem motorischen Verhalten einer extrapyramidalen Bewegungsstörung eine Diagnose zu stellen. Das „kritische Detail“ (BIRKMAYER) einer „choreatischen oder parkinsonistischen Bewegungsschablone“ nach E. KRETSCHMER steuert die Gestaltbildung so vollkommen, daß der geschulte Neurologe kaum einmal eine Fehldiagnose stellen wird. Die Fragestellung unserer Untersuchungen war kurz folgende: Gibt es eine Möglichkeit, die für das Auge so typische Bewegungsschablone des Parkinson oder der Chorea durch physikalische Analyse des Bewegungsablaufes in eine mathematische Ebene zu projizieren?

### Methodik

Wir verwendeten ein Klein-Stroboskop (Firma Philips, Typ GM 5511), bei dem von einer Neon-Blitzlichtlampe Lichtimpulse ausgestreut werden. Die Anzahl der Lichtpunkte kann durch einen Regler variiert werden. Wir verwendeten Frequenzen von 264—524 Lichtblitze pro Minute. Die Blitzlampe wurde mit Leukoplaststreifen an der rechten Hand der Vp. fixiert und die Lichtpunktreihe der geforderten Bewegung in einer Entfernung von 6 m auf einer feststehenden Kamera registriert. Wegen des Fehlers der zentralen Projektion wurde vor der mathematischen Auswertung eine Entzerrung ausgeführt, die auf Grund des Fixpunkt-systems, des bekannten Bewegungsradius, des Segmentwinkels und der Sehnenlänge möglich war.

In früheren Untersuchungen an normalen Vpn. (BIRKMAYER) konnten wir die Führungsbewegung, die schwunghafte Bewegung und den Stoß als funktionelle Elemente der Willkürbewegung charakterisieren, was später für den Schwung und Stoß von DALBIANCO durch mathematische Analyse ergänzt wurde. Bei der Führungsbewegung hatte der Pat. die Aufgabe, mit gleichmäßiger Geschwindigkeit eine gerade Linie durch die Luft zu ziehen, bei der schwunghaften Bewegung den Arm seitlich am Körper pendelnd hin- und herzuschwingen, beim Stoß im Sitzen die Faust gerade nach vorn zu stoßen. Aus den Abständen der

\* Herrn Prof. Dr. O. PÖTZL zum 80. Geburtstage gewidmet.

\*\* Diese Arbeit wurde durch eine Forschungsbeihilfe der Gemeinde Wien ermöglicht.

stroboskopisch erzeugten Lichtpunkte wurden die Geschwindigkeitskurven dargestellt. Die Beschleunigung in Abhängigkeit vom Weg des Armes wurde aus den Geschwindigkeits-Weg-Kurven ermittelt und in Kurvenform dargestellt.

Es wurden untersucht 5 normale Vpn. (N), 5 Parkinsonisten (P), 3 Choretiker (CH) und 2 cerebellar ataktische Pat. (C).

### Ergebnisse

Abb. 1 zeigt die Geschwindigkeitskurven der Führungsbewegung. Die P weisen die geringste Beschleunigung und Verzögerung auf. Sie können

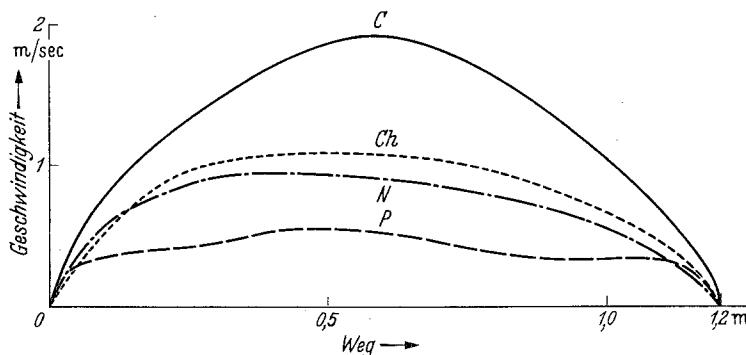


Abb. 1. N Normal, C Cerebellar, Ch Chorea, P Parkinson

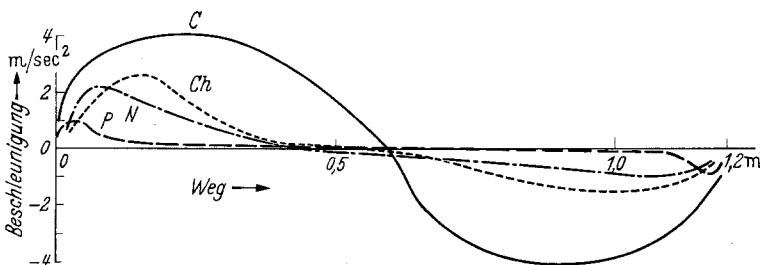


Abb. 2. N Normal, C Cerebellar, Ch Chorea, P Parkinson

die Führungsbewegung als gleichmäßig intendierte Bewegung am aufgabegerechtesten ausführen. Die CH und noch mehr die C zeigen innerhalb der gleichmäßig geforderten Bewegung einen beträchtlichen Anstieg und Abfall der Geschwindigkeit, sie können demnach die Aufgabe einer gleichmäßig geführten Bewegung nicht erfüllen.

Abb. 2 gibt die Beschleunigungskurven wieder. Die P zeigen die geringste Beschleunigung und Verzögerung, die N eine etwas größere, die Ch eine noch größere und die C schließlich eine maximale Beschleunigungs- und Verzögerungsspannweite.

Abb. 3 Geschwindigkeitskurven der Pendelbewegungen. Die *P* zeigen einen flachen Geschwindigkeitsanstieg, *Ch* und *C* einen größeren Anstieg, der allerdings zeitlich wesentlich später als beim *N* den Höhepunkt

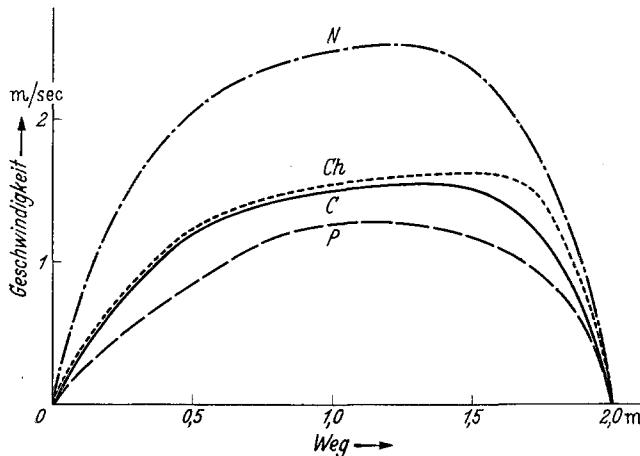


Abb. 3. *N* Normal, *C* Cerebellar, *Ch* Chorea, *P* Parkinson

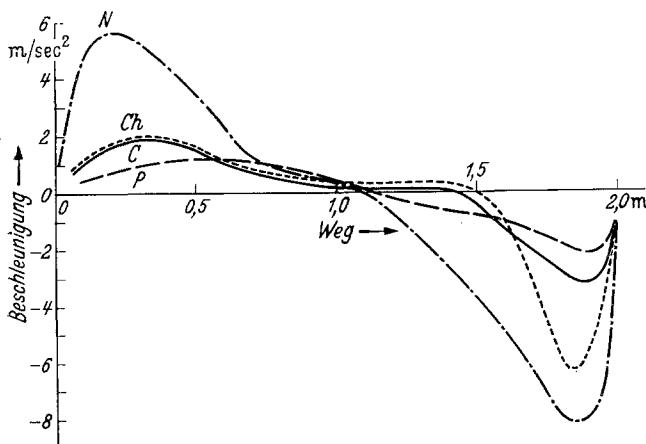


Abb. 4. *N* Normal, *C* Cerebellar, *Ch* Chorea, *P* Parkinson

erreicht. *Ch* und *C* zeigen den Geschwindigkeitshöhepunkt auf einer Wegstrecke, wo beim *N* durch die auf den pendelnden Arm einwirkende Schwerkraft eine Verzögerung eintritt. Die *N* zeigen den größten Geschwindigkeitsanstieg, was anzeigt, daß sie imstande sind, die Schwerkraft harmonisch in die Bewegungsaufgabe einzubauen.

Abb. 4 Beschleunigungskurven der Pendelbewegung. Die *N* zeigen die größten Beschleunigungs- und Verzögerungsmaxima, die zeitlich früher

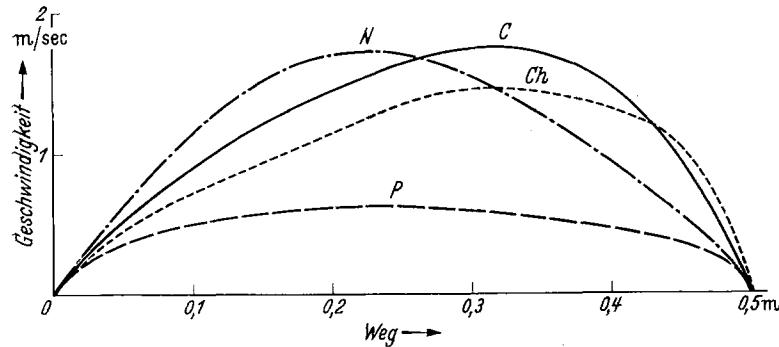


Abb. 5. *N* Normal, *C* Cerebellar, *Ch* Chorea, *P* Parkinson

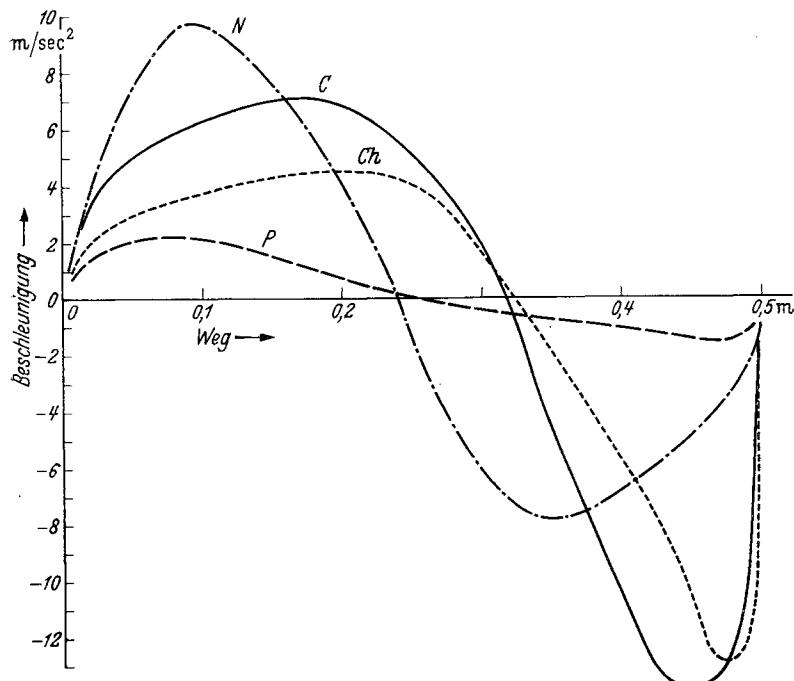


Abb. 6. *N* Normal, *C* Cerebellar, *Ch* Chorea, *P* Parkinson

als bei den extrapyramidalen Syndromen auftreten. Die *P* weisen analog der Führungsbewegung die geringste Beschleunigung und Verzögerung auf.

Abb. 5 Geschwindigkeitskurve der Stoßbewegung. Die *P* zeigen einen flachen ungenügenden Geschwindigkeitsanstieg. Die *C* und *CH* weisen einen dem *N* angenäherten Anstieg auf; der Höhepunkt der Geschwindigkeit tritt aber später auf.

Abb. 6 Beschleunigungskurve der Stoßbewegung. Beim *N* eine fast ideale Sinuskurve, beim *P* wieder sehr geringe Beschleunigungs- und

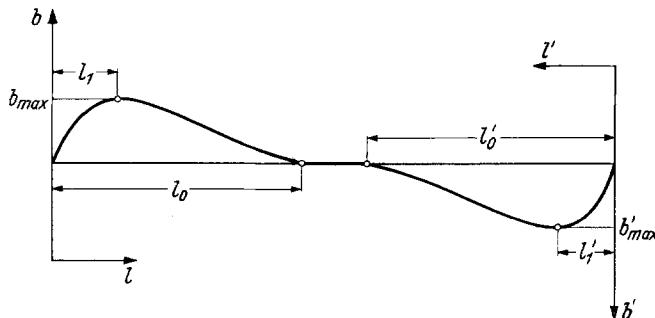


Abb. 7. Typische Form der Beschleunigungskurven.  $b$  Beschleunigung in der Entfernung  $l$  vom Bewegungsbeginn;  $b'$  Verzögerung in der Entfernung  $l'$  vom Bewegungsende;  $b_{\max}$  Größtwert der Beschleunigung;  $b'_{\max}$  Größtwert der Verzögerung;  $l_0$  Gesamtweg, auf dem die Bewegung beschleunigt wird;  $l'_0$  Gesamtweg, auf dem die Bewegung verzögert wird;  $l_1$  Weg vom Beginn der Bewegung bis zur Größtbeschleunigung;  $l'_1$  Weg von der Größtverzögerung bis Bewegungsende

Verzögerungsmaxima, beim *Ch* und *C* ist der späte Zeitpunkt des Beschleunigungsmaximum, die verspätete und sehr ausgeprägte Verzögerung typisch.

Zur weiteren Auswertung wurde eine mathematische Charakterisierung der Kurven versucht.

### Diskussion der Beschleunigungskurven

Die Beschleunigungskurven lassen sich näherungsweise durch folgende sinusähnliche Funktion beschreiben:

$$b = b_{\max} \cdot \sin\left(\frac{l}{l_0}\right)^k \cdot \pi \quad b' = b'_{\max} \cdot \sin\left(\frac{l'}{l'_0}\right)^{k'} \cdot \pi$$

$$k = \frac{\log \frac{1}{2}}{\log \frac{l_1}{l_0}} \quad \text{Für den Beschleunigungsverlauf charakteristischer Exponent}$$

$$k' = \frac{\log \frac{1}{2}}{\log \frac{l'_1}{l'_0}} \quad \text{Für den Verzögerungsverlauf charakteristischer Exponent.}$$

Je größer  $b_{\max}$  ist, desto schneller erfolgt der Anstieg der Geschwindigkeit am Anfang der Bewegung. Je größer  $b'_{\max}$  ist, desto jüher wird die Bewegung am Ende abgebremst. Es kommen dabei Spaltenkräfte zur Auswirkung, deren Größe nach Newtonschen Axiom (Kraft ist Masse mal Beschleunigung, die bewegte Masse ist annähernd konstant), der Beschleunigung  $b_{\max}$  bzw. der Verzögerung  $b'_{\max}$  proportional ist.

Tab. 1 zeigt die Vergleichswerte der verschiedenen Kriterien. Bei der Führungsbewegung sieht man, daß der Weg ( $l_1$ ) vom Beginn bis zur größten Beschleunigung am niedrigsten beim  $P$  ist, etwas größer beim  $N$ , wesentlich länger beim  $CH$  und noch länger beim  $C$ . Das heißt, daß  $P$  und  $N$  in sehr kurzer Zeit ihr Beschleunigungsmaximum erreichen,  $Ch$  und  $C$  sehr spät. Der Gesamtweg, auf dem die Bewegung beschleunigt

Tabelle 1. Charakteristische Größen in den Beschleunigungskurven

	Größe	$l_1$	$l_0$	$k$	$b_{\max}$	$b \cdot dl$	$l'_1$	$l'_0$	$k'$	$b'_{\max}$	$b' \cdot dl'$
	Meßzahl	m	m	—	$m/s^2$	$ms^{1/2}$	m	m	—	$m/s^2$	$m^{1/2} l_0$
Führungs- bewegung	Normal	0,075	0,42	0,403	2,25	0,45	0,13	0,65	0,413	1,0	0,425
	Chorea	0,15	0,45	0,625	2,6	0,575	0,2	0,7	0,553	1,5	0,625
	Cerebellar	0,23	0,6	0,72	4,0	1,75	0,3	0,6	1,0	4,0	1,8
	Parkinson	0,30	0,2	0,365	0,95	0,1	0,03	0,15	0,431	0,95	0,095
Pendel- bewegung	Normal	0,21	1,1	0,417	5,65	3,11	0,16	0,9	0,4	8,2	3,79
	Chorea	0,34	1,0	0,641	2,0	1,46	0,17	0,5	0,642	6,3	1,60
	Cerebellar	0,33	1,0	0,625	1,9	1,18	0,12	0,58	0,44	3,3	1,17
	Parkinson	0,53	1,13	0,92	1,2	0,95	0,1	0,87	0,321	2,15	0,98
Stoß- bewegung	Normal	0,094	0,24	0,736	9,7	1,5	0,15	0,26	1,27	7,8	1,42
	Chorea	0,2	0,322	1,45	4,5	1,1	0,026	0,178	0,36	12,9	1,21
	Cerebellar	0,17	0,317	1,12	7,1	1,66	0,054	0,182	0,575	13,8	1,68
	Parkinson	0,077	0,256	0,575	2,2	0,24	0,034	0,244	0,353	1,5	0,22

$l_1$  = Weg vom Beginn der Bewegung zur größten Beschleunigung.

$l_0$  = Gesamtweg, auf dem die Bewegung beschleunigt wird.

$b_{\max}$  = größter Wert der Beschleunigung.

$k = \frac{\log 1/2}{\log l_1/l_0}$  charakteristischer Exponent für den Beschleunigungsverlauf.

$b \cdot dl$  = Integral, das die Flächeninhalte unter den Kurven wiedergeben.

wird, ( $l_0$ ), ist beim  $P$  und  $N$  um ein Vielfaches größer als  $l_1$ , beim  $Ch$  und  $C$  nur etwa doppelt so groß, das heißt der Krafteinsatz beim  $CH$  und  $C$  erfolgt nicht so kontinuierlich. Bei der Pendelbewegung ist  $l_1$  des  $P$  am längsten, beim  $Ch$  und  $C$  nicht so lange, beim  $N$  am kürzesten. Das Erteilen der für eine schwunghafte Bewegung notwendige Beschleunigung dauert beim  $P$  am längsten, beim  $N$  am kürzesten,  $Ch$  und  $C$  liegen in ihren Wegstrecken dem  $N$  angenähert, was eine Bestätigung der optischen Wahrnehmung ist, die beim Pendelschwung zwischen  $N$ ,  $Ch$  und  $C$  keinen Unterschied merkt. Die Werte von  $l_0$  sind bei allen Syndromen ungefähr gleich, was auf die gleiche physikalische Voraussetzung der exogenen Faktoren (Schwerkraft, Fliehkraft, Trägheit) des Pendelschwunges hinweist. Beim Stoß ist die Wegstrecke  $l_1$  beim  $N$  und  $P$  wieder sehr kurz, beim  $Ch$  und  $C$  wesentlich länger. Die gesamte Wegstrecke der Beschleunigung ( $l_0$ ) ist beim  $N$  2,7, beim  $P$  3,5, beim  $C$  1,8

und beim *C* nur 1,6 mal so lang als  $l_1$ . Beim *P* erfolgt demnach auf langer Weg- und Zeitstrecke ein Krafteinsatz, der zu einer Beschleunigung führt, beim *Ch* erfolgt dieser Krafteinsatz nur über eine kurze Wegstrecke. Der Wert  $k$  als charakteristischer Exponent für den Beschleunigungsverlauf bezieht nach der Formel das Verhältnis der Werte  $l_1$  und  $l_0$  ein. Während das  $k$  beim *N* zwischen Führung und Schwung gleich ist, und beim Stoß ansteigt, steigt es beim *P* von Führung zum Schwung auf das Dreifache an, um beim Stoß wieder abzufallen, *Ch* und *C* zeigen bei Führung und Schwung ungefähr gleichhohe Werte, die beim Stoß wesentlich mehr als beim *N* ansteigen.

Der größte Wert der Beschleunigung ( $b_{\max}$ ) zeigt beim *N* einen Anstieg über Führung zum Schwung und Stoß, der *P* hat bei allen drei Bewegungsformen nur geringe Schwankungen von  $b_{\max}$ . Bei der *Ch* sind Beschleunigung von  $b_{\max}$  zwischen Führung und Schwung gleich und steigen beim Stoß auf den doppelten Wert an. Der *C* zeigt ein besonders hohes  $b_{\max}$  bei der Führungsbewegung, was anzeigt, daß er keine gleichmäßig intendierte Bewegung ausführen kann. Beim Pendelschwung ist der Wert dem *P* angeglichen, um sich beim Stoß wieder dem Wert des *N* zu nähern.

Das Integral der Flächeninhalte der Beschleunigungskurven ist das Maß der kinetischen Energie der verschiedenen Bewegungsformen. Es ist ein Maß für den Arbeitsaufwand. Dieser Wert der kinetischen Energie ist beim *N* bei der Führungsbewegung gering, beim Schwung 6 mal so groß, was anzeigt, daß der *N* in ökonomischer Weise die Schwerkraft in die schwunghaften Bewegung einbauen kann. Beim Stoß ist der Wert der kinetischen Energie dreimal so groß wie bei der Führungsbewegung. Diese Regel der drei Bewegungsformen beim *N* ist beim *P* in charakteristischer Weise verändert. Seine kinetische Energie ist bei allen drei Bewegungsformen einerseits sehr gering, andererseits fast invariabel. Diese Kriterien des niedrigen und starren Energiepotentials ist spezifisch für das motorische Verhalten des *P*.

Bei der *Ch* ist das Integral der Führungsbewegung größer als beim *N*, was anzeigt, daß bei dieser Bewegungsform ein großes Maß (man könnte auch sagen: Ein für die Bewegungsaufgabe zu großes Maß) an Energie frei wird. Beim Schwung steigt dieses kinetische Energiepotential auf das etwa Dreifache an, bleibt jedoch hinter dem Anstieg beim *N* beträchtlich zurück. Ein ideal ökonomischer Krafteinsatz beim Schwung ist dem Choretatiker nicht möglich. Das Integral des Stoßes ist beim *Ch* etwa doppelt so groß wie bei der Führung. Das zeigt an, daß die für diese Bewegungsform normal notwendige Energiemenge beim *Ch* nicht freigemacht werden kann.

Der *C* zeigt bei der Führungsbewegung das größte Integral, was anzeigen, daß er für eine Bewegungsform, die beim *N* unter dem geringsten kinetischen Energieeinsatz abläuft, die größte Energiemenge freisetzt. Das Integral beim Schwung ist etwas niedriger, beim Stoß etwas höher. Insgesamt sind die Werte der kinetischen Energie des *C* bei Führung, Schwung und Stoß sehr groß, aber wenig variabel.

Die Charakteristica der Verzögerungskurven zeigen im wesentlichen die gleichen Korrelationen. Das Integral der bei der Verzögerung verbrauchten Energie zeigt die gleichen Korrelationen wie bei der Beschleunigung. Das Verzögerungs-Maximum zeigt beim *N* den größten Wert beim Pendelschwung, was wieder den ökonomischen Einbau der Schwerkraft demonstriert. Beim *P* sind analog dem  $b_{\max}$  auch die Werte des Verzögerungsmaximum niedrig und zeigen nur geringe Differenzen zwischen Führung, Schwung und Stoß. Das Verzögerungsmaximum beim Schwung ist größer als beim Stoß, analog dem *N*. Der *Ch* und *C* zeigen als besonderes Charakteristicum das enorme Verzögerungsmaximum beim Stoß. Es wird bei diesen Syndromen auf kürzester Zeit-Wegstrecke die kinetische Energie des Stoßes gebremst. Dieses Phänomen ist klinisch als fehlende Antagonistenhemmung bzw. fehlender Rückstoß bekannt. Der *Ch* zeigt zwischen Führung und Schwung ein Ansteigen des Verzögerungsmaximums, ein dem *N* angeglichenes Verhalten, was einen ökonomischen Einsatz der exogenen Kräfte beim Schwung demonstriert. Der *C* zeigt analog seinem Beschleunigungsmaximum ein Absinken des Wertes des Verzögerungsmaximums zwischen Führung und Schwung und einen maximalen Anstieg beim Stoß.

**Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse.** Aus der Vielfalt der Willkürbewegungen gibt es physikalisch-mathematisch abgrenzbare Bewegungsformen, die Führungsbewegung, die schwunghafte Bewegung und den Stoß. Sie zeigen beim Normalen spezifische physikalisch-mathematische Kriterien. Der größte Wert der Beschleunigung, die im Laufe einer Bewegung auftritt, ist bei der Führungsbewegung am geringsten, beim Schwung größer und beim Stoß am größten (2,25:5,65:9,7). Das Integral der Flächeninhalte der Beschleunigungskurven als Maß der in den Bewegungen aufscheinenden kinetischen Energien zeigen beim Normalen den geringsten Wert bei der Führungsbewegung, den höchsten Wert beim Schwung, und einen mittleren Wert für den Stoß (0,45:3,11:1,5).

Die spezifische Abweichung des Parkinson in seinem motorischen Verhalten zeigt sich erstens in den niedrigen Werten seines Beschleunigungsmaximums und zweitens in der geringen Variabilität dieser Werte zwischen den Bewegungsformen Führung — Schwung — Stoß (0,95:1,2:2,2). Das Integral als Maß der kinetischen Energie ist ebenfalls enorm niedrig und zeigt ebenfalls keine Variabilität (0,1:0,95:0,24).

Die spezifische Charakteristik des cerebellaren Syndroms besteht in einem besonders hohen Beschleunigungsmaximum bei der Führungsbewegung, in einen niedrigen beim Schwung, in einen großen beim Stoß (4,0:1,9:7,1). Das Integral seines kinetischen Energieeinsatzes ist bei allen drei Bewegungsformen groß, aber invariabel (1,75:1,18:1,66). Ein besonderes Charakteristicum des Cerebellaren ist das große Verzögerungsmaximum beim Stoß (13,8).

Der Choreaatiker schließlich weist bei der Führungsbewegung ein größeres Beschleunigungsmaximum auf als der Normale, das beim Schwung absinkt, um beim Stoß wieder mäßig anzusteigen (2,6:2,0:4,5). Die kinetische Energie seiner drei Bewegungsformen ist dem Normalen angeglichen, aber mit geringeren Differenzen (0,575:1,36:1,1). Bei seiner Führungsbewegung wird eine ungefähr gleichgroße kinetische Energie freigemacht wie beim Normalen. Beim Schwung steigt das Maß der freiwerdenden Energie auf das Dreifache an, beim Normalen auf das Sechsfache. Das zeigt an, daß dem Choreaatiker der ideale Einbau der exogenen Kräfte in den schwunghaften Bewegungsvollzug nicht gelingt. Beim Stoß steigt der Wert auf das Doppelte der Führungsbewegung, aber nicht auf das Dreifache wie beim Normalen. Das für die stoßende Bewegung nötige Freisetzen an kinetischer Energie ist dem Choreaatiker nur insuffizient möglich. Schließlich zeigt auch der Choreaatiker beim Stoß ein hohes Verzögerungsmaximum (12,9).

### Besprechung

Durch diese Kriterien der analysierten Bewegungsformen (Führung — Schwung — Stoß) scheinen die motorischen Verhaltensweisen des Parkinson-Chorea- und cerebelaren Syndroms mathematisch und physikalisch charakterisiert. Die Leistung unserer klinischen Wahrnehmung, die uns das spezielle Syndrom einer extrapyramidalen Bewegungsstörung erkennen und einordnen läßt, korreliert mit spezifischen mathematischen Werten. Der von uns früher geprägte Begriff des „Kritischen Details“ stellt ein Phänomen dar, bei dem ein Akkord entsprechender Sinnesqualitäten in einem definiertem zeitlichen Moment den Weg der Wahrnehmung steuert und letzthin zur Gestalt führt. Zeitlich stellt das kritische Detail den Beginn der Kohärenz dar, d. h. dem Beginn der adäquaten Subjekt-Objekt-Beziehung. Während wir bei der Analyse von taktilen und optischen Agnosien nach Hirnverletzungen das Phänomen des kritischen Details nur aus der Beobachtung beschreiben konnten, gelang es bei der Analyse der extrapyramidalen Bewegungsstörungen, das kritische Detail mathematisch zu definieren. Das geringe Beschleunigungs- und Verzögerungsmaximum stellt das kritische Detail des Parkinson-Syndroms dar. Während wir normal meist nicht

wissen, auf Grund welchen kritischen Details wir nach der Beobachtung einer motorischen Fehlleistung zur Diagnose kommen, scheint es hier beim Parkinson-Chorea- und cerebellaren Syndrom als mathematischer Wert auf. Ein zweites Ergebnis unserer Untersuchungen wollen wir gleichfalls hervorheben. E. KRETSCHMER prägte den Begriff der „motorischen Schablone“. Es handelt sich dabei um Phänomene phylogenetisch vorgebildeter Reflexe, bzw. Instinktformeln oder Schemata (K. LORENZ), die als genormte Bewegungsabläufe in Erscheinung treten. Wir konnten solche Bewegungsabläufe als Schablonen im Erwachen nach dem Elektroschock beschreiben (BIRKMAYER-FRÜHMANN-STROTZKA) und haben ferner eine spezielle Haltungsanomalie des postencephalitischen Parkinsonismus als „Schwimmschablone“ demonstriert (BIRKMAYER-NEUMAYER). Durch die vorgelegten Ergebnisse glauben wir, eine mathematisch-physikalische Charakteristik der speziellen motorischen Schablonen des Parkinson-Chorea- und cerebellaren Syndroms gegeben zu haben.

Für die Parkinson-Schablone ist das niedrige Beschleunigungs- und Verzögerungsmaximum, das geringe kinetische Energiepotential und vor allem die minimale Variabilität dieser Werte bei den verschiedenen Formen der Willkürbewegung charakteristisch. Diese *Invariabilität* entspricht dem Begriff einer Schablone am weitgehendsten, da wir ja im allgemeinen Sprach- und Denkgebrauch mit dem Begriff der Schablone ein in starrer Form wiederkehrendes Phänomen verbinden. Dem abnorm niedrigen kinetischen Energiepotential des Parkinsonisten steht das spezifisch erhöhte Integral des cerebellaren Syndroms gegenüber. Während beim Parkinson in allen Bewegungsformen nur ein geringes Kontingent an kinetischer Energie aufscheint, ist dieses Maß beim Cerebellaren nicht nur wesentlich größer als beim Parkinson, sondern auch größer als beim Normalen. Der erniedrigten Menge freigewordener Energie des Parkinson steht ein Übermaß an freigewordener Energie beim Cerebellaren gegenüber. Gemeinsam ist beiden Syndromen die starre *Invariabilität* dieser Werte, verschieden die Größe des Wertes. Bei der schwunghaften Bewegung des Normalen scheint durch den Einbau der Schwer- und Fliehkraft ein größeres Maß an kinetischer Energie auf, als beim Cerebellaren, Choreatiker und Parkinson. Das Kriterium der Unfähigkeit des Einbaues exogener Kräfte in eine schwunghaft Bewegung ist allen drei extrapyramidalen Syndromen gemeinsam und unterscheidet sie in spezifischer Weise von der Willkürbewegung des Normalen. Als zweites gemeinsames Kriterium der extrapyramidalen Schablonen scheint die geringe Variation des Energieeinsatzes bei den verschiedenen Formen der Willkürbewegung auf. Diese beiden mathematischen Phänomene charakterisieren die extrapyramidalen Schablonen

an sich. Eine aufgabegerechte Koordination mit gleichzeitig ablaufenden Teilaktionen (E. VON HOLST) ist dadurch blockiert. Die Integration kompensatorisch wirkender motorischer Systeme (DENNY-BROWN) ist insuffizient. Das Resultat dieses Funktionswandels im Weizsäckerschem Sinne ist das Ablaufen der Willkürbewegungen auf einer *fixen Schiene*, im Gegensatz zur freien Anpassung der Koordination des Normalen. Diese Schiene, d. h. ein starrer schablonenmäßiger Zwang zum spezifischen Bewegungsablauf tritt auch in der Unfähigkeit, schwunghafte Bewegungen auszuführen, zutage. Die optimal ökonomische Bewegungsform des Schwunges (WACHHOLDER, BIRKMAYER, DALBIANCO) erfordert eben das harmonische Einordnen der „Teilaktionen“ (V. HOLST). Die Desintegration des pathologischen Funktionszustandes führt zum Verlust der hierarchischen Ordnung H. JACKSONS und zum eingeengten Verhalten des Bewegungsgestörten auf einer spezifisch-motorischen Schiene. Im Spezialfalle des Parkinson werden durch die Blockade der kinetischen Energiefreisetzung Ur-Rhythmen frei (R. JUNG) wie beim Medulla-Fisch E. V. HOLSTS. Das spezielle Kriterium dieses Syndroms ist das mangelnde Energiequantum, das im Endeffekt aufscheint. Es scheint durch das fehlende dynamische Gleichgewicht (R. JUNG) verursacht. Die Energiequanten der „Teilaktionen“ heben oder saugen sich beim Parkinson gegenseitig auf. Anders beim Chorea-Syndrom. Hier wird ein Übermaß an kinetischer Energie frei. HOFF u. PÖTZEL sprechen von einer „Entmischung gruppierter Erregungskomponenten“ und WILSON sieht in der choreatischen Bewegung corticale Entladungen, die durch den Wegfall trans corticaler Einflüsse freiwerden. Beide Anschauungen können durch unsere Ergebnisse des großen kinetischen Energiepotentiales interpretiert werden. FOERSTER hat als spezifische Eigenheit der choreatischen Bewegungsstörung das Fehlen der agonistischen Mitbewegungen beschrieben. Nach FOERSTER kommt es bei einer intendierten Bewegung zu einer kurzen Innervation des Hauptagonisten und unwillkürlich zu zweckgerichteten Mitbewegungen sämtlicher Agonisten. Diese Mitarbeit sämtlicher Agonisten fehlt bei der Chorea, daher das Ausfahrende der Bewegungen und in unseren Analysen das große kinetische Energiepotential im Endeffekt. WILSON führt dieses Übermaß freigewordener Energie auf ein Versagen des cerebello-cerebralen Systems zurück, was aus unseren Ergebnissen durch die Entsprechung von cerebellarem und choreatischem Syndrom unterstrichen wird. Während beim Parkinson die Denny-Brownsche Kompensation der verschiedenen motorischen Systeme überkompensiert erscheint, sich quasi die verschiedenen Energiepotentiale wechselseitig aufsaugen und als Endresultat die Akinese des geringen kinetischen Potentials aufscheint, besteht bei der Chorea eine Dekompenstation dieser Systeme, wodurch als Endresultat jeder Bewegungsform

ein übernormales kinetisches Energiepotential zutage tritt. Wir glauben damit gezeigt zu haben, daß von den drei methodischen Wegen der extrapyramidalen Forschung, der Morphologie, der Elektrophysiologie und der Phänomenologie, auch von der letzteren klärende Beiträge zu erbringen sind.

### Zusammenfassung

Mit einem Kleinstroboskop wurden drei Bewegungsformen (Führung—Schwung—Stoß) beim Parkinson, Chorea und cerebellaren Syndrom registriert. Aus den Geschwindigkeit- und Beschleunigungskurven wurden charakteristische mathematische Kriterien abgeleitet. Das Beschleunigungsmaximum des Normalen ist bei der Führungsbewegung am geringsten, beim Schwung größer, beim Stoß am größten. Das kinetische Energiepotential ist bei der Führungsbewegung klein, beim Schwung 6 mal und beim Stoß 3 mal so groß. Als gemeinsames mathematisches Kriterium der verschiedenen extrapyramidalen Syndrome wurde die geringe Variabilität des Energieeinsatzes aufgezeigt. Während für die motorische Schablone des Parkinson das geringe Beschleunigungs- und Verzögerungsmaximum und die geringe kinetische Energie aller Bewegungabläufe spezifisch ist, scheint beim choreatischen und beim cerebellaren Syndrom ein übernormales kinetisches Energiepotential auf. Der Cerebellare zeigt ferner bei der Führungsbewegung das größte Beschleunigungsmaximum und beim Stoß das größte Verzögerungsmaximum. Das choreatische Syndrom ist durch das hohe Beschleunigungs- und Verzögerungsmaximum und durch eine dem Normalen eingenähere Form der kinetischen Energieproduktion charakterisiert.

### Literatur

- BIRKMAYER, W.: Taststörungen nach Hirnverletzungen. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **155**, 264 (1943). — Führung — Stoß — Schwung. *Z. Neur.* **176**, 758 (1943). — Das kritische Detail in der sinnlichen Wahrnehmung. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **164**, 76 (1950). — Hirnverletzungen. Wien: Springer 1951. — BIRKMAYER, W., E. FRÜHMANN u. M. STROTZKA: Motorische Schablonen im Erwachsenen nach dem Elektroschock. *Arch. f. Psychiatr. u. Z. Neur.* **193**, 513 (1955). — BIRKMAYER, W., u. E. NEUMAYER: Über eine spezifische Haltungsschablone beim postencephalitischen Parkinson. *Arch. f. Psychiatr. u. Z. Neur.* **195**, 156 (1956). — DALBIANCO, P.: Koordination der Stoßbewegung. *Msch. Psychiatr.* **116**, 1 (1948). — DENNY-BROWN, D.: Desintegration of motor cerebellar lesions. *J. Nerv. Dis.* **112**, 1 (1950). — FOERSTER, O.: Das Wesen der choreatischen Bewegungsstörung. *Samml. klin. Vortr.* 382. Jena 1904. — HOFF, H., u. O. PÖTZL: Zur Frage der somatotopischen Faktoren bei Hemiatetose. *Msch. Psychiatr.* **99**, 170—191 (1938). — HOLST, E. v.: Die relative Koordination. *Erg. Physiol.* **42**, 228 (1939). — JUNG, R.: Physiologische Untersuchungen über den Parkinsons Tremor und andere Zitterformen beim Menschen. *Z. Neur.* **173**, 263 (1941). — Die Allgemeine Neurophysiologie in Handb. d. inneren Med. V/1 S. 86. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953. — KRETSCHMER, E.: Motorische Schablonen. *Arch. f. Psychiatr. u. Z. Neur.* **190**, 1 (1953). —

LORENZ, K.: Angeborene Formen möglicher Erfahrungen. Z. Tierpsychol. 5, 235 (1943). — WACHHOLDER, K.: Willkürliche Haltung und Bewegung. München: Bergmann 1928. — WEIZSÄCKER, V. v.: Der Gestaltkreis. Stuttgart: Thieme 1950. — WILSON, K. K.: Extrapiramidal disorders of motility and of muscular tone with special reference to the corpus striatum. Lancet 1925.

Dozent Dr. W. BIRKMAYER, Neurolog. Abt. d. Alterskrankenhauses  
Wien-Lainz XIII (Österr.), Versorgungsheimplatz 1

---

**Berichtigung**

zur Arbeit WISSFELD, E.: „Zur Geschichte der Psychiatrie in ihrer Abhängigkeit von der geisteswissenschaftlichen Entwicklung seit der Renaissance“, dieses Archiv, Bd. 196, S. 63—89 (1957).

In der Zusammenfassung auf Seite 88, fünfte Zeile von unten, muß es Verdrängungsmechanismus (statt Veränderungsmechanismus) heißen.