

Zur Psychotechnik des Klavierspiels.

Von

ROBERT TIGERSTEDT.

Erste vorläufige Mitteilung.

Unter den feineren Bewegungen der Hand und der Finger sind die beim Klavierspielen hinsichtlich ihres zeitlichen Verlaufes und ihrer Aufeinanderfolge ziemlich leicht zu untersuchen, indem man durch eine einfache Kombination einer Klaviatur mit elektrischen Signalen die hierher gehörigen Zeitbestimmungen unschwer ausführen kann.

An der Hand solcher Bestimmungen wird es auch möglich, verschiedene Aufschlüsse über die Genauigkeit und Geläufigkeit der feineren Muskelbewegungen zu erhalten, und es schien mir daher aus mehreren Gesichtspunkten nicht ohne Interesse zu sein, Versuche in dieser Richtung vorzunehmen.

Der bei diesen benutzte Apparat besteht aus einer Klaviatur mit sieben Tasten, welche mit je einem elektrischen Signal verbunden sind. Der Strom zum Signal wird beim Herabdrücken der betreffenden Taste geschlossen, ganz wie die Saite beim wirklichen Klavier beim Herabdrücken der Taste angeschlagen wird.

Die sieben Signale sind so aufgestellt, dass ihre Schreibspitzen ganz nahe aneinander stehen.

Als Registrierapparat benutzte ich den von Blix und Sandström konstruierten und zwar bei einer Geschwindigkeit von etwa 100 mm in der Sekunde.

Die Versuche wurden an den Studierenden der Medizin Fräulein LILLSUNDA und TERÄSKELI sowie an mir selber ausgeführt. Ausserdem hatte eine ausgebildete Klavierspielerin, Frau Professor K., die Güte einige hierhergehörigen Versuche zu machen.

Zur näheren Aufklärung der vorliegenden Frage sind Versuche in viel grösserer Zahl als augenblicklich zu meiner Verfügung stehen notwendig. Ich habe mich indessen entschlossen, einiges hierüber schon jetzt mitzuteilen, um auch meinerseits an der vorliegenden Gedächtnisschrift teilnehmen zu können.

I.

Die Frage, die ich hier zunächst erörtern will, bezieht sich auf die Gleichmässigkeit und Schnelligkeit, mit welcher die Bewegungen ausgeführt werden. Hierbei wurde die Versuchsperson aufgefordert, die Bewegungen möglichst schnell nacheinander zu machen.

Die vom Signal geschriebene Kurve setzt sich bei jeder Bewegung aus zwei Abschnitten zusammen: 1. Strom offen, der Finger von der Taste gehoben (Streckung im Hand- oder metakarpo-phalangealen Gelenk); 2. Strom geschlossen, der Finger an der Taste gedrückt (Beugung im entsprechenden Gelenk). Ich werde diese beiden Phasen des Hebens und des Drückens als einen *Schlag* zusammenfassen.

Die Bewegungen fanden, wie dies ja beim Klavierspielen im allgemeinen der Fall ist, in der Regel im Handgelenk statt. Dabei wurde in verschiedenen Versuchen die Taste von dem 2., 3., 4. oder 5. Finger angeschlagen, da es von einem gewissen Interesse war, zu prüfen, inwiefern bei der Bewegung im Handgelenk der benutzte Finger irgend welche Bedeutung haben konnte.

Da selbst bei einer sehr geübten Klavierspielerin nicht unbedeutende Variationen der Schlagdauer auftraten, schien es mir nicht angezeigt, bei der Ausmessung der Kurven ein grössere Genauigkeit als $0,5 \text{ mm} = 0,005 \text{ Sek.}$ anzustreben. Die im folgenden mitzuteilenden Zahlenangaben sind auf Grund dessen auf $0,01 \text{ Sek.}$ abgerundet.

Als Beispiel eines Versuches weise ich auf folgende Tabelle hin. In diesem Versuch wurde die Taste mit dem 3. Finger der rechten Hand angeschlagen; Bewegung im Handgelenk. Der erste Stab stellt die Gesamtdauer des Schlages, der zweite die Dauer des Hebens und der dritte die des Drückens dar.

Das Mittel beträgt für den ganzen Schlag $0,15 \text{ Sek.}$, für das Heben $0,10$ und für das Drücken $0,05 \text{ Sek.}$

**Versuch an Frau K. Rechte Hand. Bewegung im Handgelenk.
Schlag mit dem 3. Finger.**

N:r	Dauer des Schlages; Sek.	Dauer des Hebens; Sek.	Dauer des Drückens; Sek.
1	0,15	0,10	0,05
2	0,14	0,09	0,05
3	0,14	0,10	0,04
4	0,14	0,11	0,03
5	0,15	0,11	0,04
6	0,14	0,10	0,04
7	0,13	0,09	0,04
8	0,14	0,10	0,04
9	0,15	0,11	0,04
10	0,15	0,10	0,05
11	0,15	0,11	0,04
12	0,15	0,11	0,04
13	0,15	0,10	0,05
14	0,16	0,12	0,04
15	0,14	0,10	0,04
16	0,17	0,14	0,03
17	0,15	0,11	0,04
18	0,15	0,09	0,06
19	0,16	0,08	0,08
20	0,18	0,13	0,05
21	0,13	0,09	0,04
22	0,17	0,12	0,05
23	0,09	0,05	0,04
24	0,15	0,11	0,04
25	0,17	0,09	0,08
26	0,14	0,08	0,06
27	0,14	0,10	0,04
28	0,14	0,10	0,04
29	0,18	0,10	0,08
30	0,13	0,05	0,08
31	0,12	0,07	0,05
32	0,15	0,11	0,04
33	0,15	0,10	0,05

II.

In folgender Tabelle habe ich die Mittel- und Grenzwerte sowie die mittlere Variation der an den einzelnen Versuchspersonen gemachten Beobachtungen über die *Dauer des ganzen Schlages* bei Bewegungen im Handgelenk zusammengestellt.

Reihe	Finger	Mittel; ¹ Sek.	Mittlere Variation; Sek.	Grenzwerte; Sek.
		L. Rechte Hand.		
A	II	0,21	0,010	0,24—0,18
	III	0,21	0,014	0,23—0,18
	IV	0,20	0,005	0,22—0,19
	V	0,20	0,016	0,22—0,16
	Mittel	0,21	0,011	0,22—0,16
B	II	0,20	0,018	0,23—0,17
	III	0,18	0,011	0,21—0,16
	IV	0,16	0,007	0,18—0,14
	V	0,13	0,013	0,17—0,10
	Mittel	0,17	0,012	0,23—0,10
C	II	0,18	0,004	0,20—0,16
	III	0,17	0,007	0,19—0,15
	IV	0,16	0,015	0,20—0,13
	V	0,16	0,012	0,20—0,14
	Mittel	0,17	0,010	0,20—0,13
		L. Linke Hand.		
D	II	0,13	0,011	0,33—0,10
	III	0,21	0,020	0,26—0,18
	IV	0,22	0,028	0,28—0,16
	V	0,24	0,021	0,29—0,19
	Mittel	0,20	0,020	0,33—0,10
E	II	0,17	0,033	0,37—0,14
	III	0,17	0,021	0,28—0,14
	IV	0,19	0,020	0,24—0,13
	V	0,19	0,015	0,22—0,16
	Mittel	0,18	0,022	0,37—0,13
F	II	0,21	0,017	0,26—0,17
	III	0,22	0,012	0,26—0,16
	IV	0,22	0,013	0,25—0,19
	V	0,22	0,016	0,25—0,19
	Mittel	0,22	0,015	0,26—0,16

¹ Bei der Berechnung der Mittelwerte und der mittleren Variation sind insgesamt 10 Bestimmungen weggelassen, weil sie zu viel von den übrigen differierten und als abnorm hoch bezeichnet werden müssen

G	II	0,20	0,013	0,24—0,17
	III	0,20	0,014	0,25—0,17
	IV	0,19	0,010	0,22—0,17
	V	0,20	0,006	0,22—0,18
	Mittel	0,20	0,011	0,25—0,17
H	II	0,20	0,012	0,22—0,16
	III	0,18	0,013	0,27—0,15
	IV	0,19	0,011	0,22—0,17
	V	0,19	0,008	0,21—0,17
	Mittel	0,19	0,011	0,27—0,16
I	II	0,20	0,018	0,23—0,16
	III	0,19	0,013	0,22—0,15
	IV	0,20	0,014	0,24—0,17
	V	0,21	0,013	0,24—0,18
	Mittel	0,20	0,015	0,24—0,15
J	II	0,18	0,013	0,23—0,16
	III	0,19	0,016	0,24—0,16
	IV	0,22	0,020	0,27—0,17
	V	0,23	0,013	0,26—0,20
	Mittel	0,21	0,015	0,27—0,16
K	II	0,20	0,011	0,23—0,17
	III	0,23	0,016	0,28—0,19
	IV	0,23	0,008	0,24—0,20
	V	0,20	0,010	0,22—0,18
	Mittel	0,21	0,011	0,28—0,17
L	II	0,18	0,008	0,20—0,15
	III	0,20	0,012	0,23—0,16
	IV	0,20	0,015	0,26—0,17
	V	0,21	0,017	0,24—0,16
	Mittel	0,20	0,013	0,26—0,15
M	II	0,21	0,009	0,25—0,19
	III	0,22	0,015	0,24—0,17
	IV	0,23	0,023	0,27—0,19
	V	0,22	0,010	0,25—0,19
	Mittel	0,22	0,014	0,27—0,17

N	II III IV V Mittel	R. T. Linke Hand.		0,23—0,17 0,29—0,17 0,25—0,17 0,24—0,19 0,29—0,17
		0,19 0,21 0,21 0,22 0,21	0,015 0,021 0,015 0,010 0,015	
O	II	0,22	0,008	0,24—0,21
	III	0,22	0,011	0,26—0,20
	IV	0,23	0,009	0,25—0,22
	V	0,24	0,017	0,27—0,20
	Mittel	0,23	0,011	0,27—0,20
P	II	0,17	0,014	0,21—0,14
	III	0,15	0,011	0,18—0,10
	IV	0,15	0,012	0,19—0,11
	V	0,15	0,014	0,20—0,11
	Mittel	0,16	0,013	0,21—0,11
Q	II	0,20	0,018	0,24—0,16
	II bis	0,15	0,015	0,20—0,11
	III	0,16	0,010	0,21—0,13
	IV	0,16	0,016	0,22—0,13
	V	0,15	0,013	0,27—0,13
	Mittel (II bis—V)	0,16	0,014	0,27—0,11

Von vornherein lässt sich ja erwarten, dass es bei der Bewegung im Handgelenk ganz gleichgültig ist, mit welchem Finger die Taste angeschlagen wird. Dies folgt auch ganz deutlich aus den meisten Reihen, indem in diesen die Differenzen der Mittelwerte für die einzelnen Finger nur um etwa $\pm 0,01$ Sek. vom Mittelwert der ganzen Reihe abweichen (Reihe A, C, E, F, G, H, I, M, O, P).

In den Reihen J, L und N ist die Zeit für den 2. Finger 0,02—0,03 Sek. kürzer als das Mittel, in der Reihe Q II dagegen entschieden länger als für die übrigen zu dieser Reihe hörenden Mittelwerte. In der Reihe K sind die Zeiten für den 3. und 4. Finger und in der Reihe J für den 5. Finger 0,2 Sek. länger als der mittlere Wert.

Angesichts der Resultate der übrigen Reihen kann diesen Abweichungen keinerlei Bedeutung zugeschrieben werden.

Beim ersten Anblick wirken die Reihen B und D ziemlich befremdend, denn hier finden sich sehr grosse Unterschiede in Bezug auf die Mittelwerte für die einzelnen Finger, indem diese in Reihe B 0,20, 0,18, 0,16 und 0,13, in Reihe D 0,13, 0,21, 0,22, 0,24 betragen. Aber gerade der Umstand, dass in dieser die kürzeste Zeit beim 2. Finger, in jener beim 5. Finger vorkommt, zeigt ohne weiteres, dass hier etwas ganz zufälliges vorliegt, was mit dem beim Anschlagen der Taste benutzten Finger offenbar nichts zu tun hat.

Aus diesen Ermittlungen folgt also, dass es bei der Bewegung im Handgelenk im grossen und ganzen *gleichgültig ist mit welchem Finger die Taste angeschlagen wird.*

Wie aus der Tabelle ersichtlich, bewegt sich die mittlere Variation bei den einzelnen Versuchen im allgemeinen zwischen 0,01 und 0,02 Sek. und ist nur zweimal 0,03 Sek. (Reihe D, 4. Finger; Reihe E, 2. Finger). Schon daraus folgt, dass die einzelnen Bestimmungen nur verhältnismässig wenig voneinander abweichen. Noch deutlicher stellt dies sich heraus, wenn wir die prozentige Verteilung der Zahlen in den einzelnen Versuchen, bzw. Reihen berechnen.

Da die Abweichungen für die einzelnen Finger in allen Reihen mit alleiniger Ausnahme der Reihen B und D sehr nahe untereinander übereinstimmen, habe ich hierbei die in einer und derselben Reihe ausgeführten Versuche zusammengeschlagen und in Intervallen von je 0,03 Sek. zusammengestellt. Das Resultat ist folgendes.

Bei der rechten Hand finden sich in den Reihen A, C und G 68 bis 71 Proz., in den Reihen H, I und L 56—59 Proz. sowie in den

Zeitdauer; Sek.	Prozente sämtlicher Fälle in Reihe Rechte Hand							
	A	C	G	H	I	L	M	P
> 0,24	—	—	1,1	1,0	—	1,1	1,1	—
0,24—0,22	22,8	—	12,3	7,2	21,4	19,3	44,4	—
0,21—0,19	68,4	19,5	70,8	58,8	57,1	55,9	40,7	8,2
0,18—0,16	8,7	68,5	15,7	33,3	21,4	23,6	3,7	43,4
0,15—0,13	—	12,0	—	—	—	—	—	45,1
0,12—0,10	—	—	—	—	—	—	—	3,3
Zahl der Beobacht.	92	108	89	97	84	93	81	122

	Linke Hand						
	E	F	J	K	N	O	Q
> 0,24	2,0	9,3	6,5	4,1	6,7	12,5	0,7
0,24—0,22	10,9	48,8	29,3	42,5	36,0	70,0	5,2
0,21—0,19	39,6	36,0	36,0	46,6	48,0	17,5	22,2
0,18—0,16	39,6	5,8	27,2	6,8	9,8	—	51,8
0,15—0,13	7,9	—	—	—	—	—	19,3
0,12—0,10	—	—	—	—	—	—	0,7
Zahl der Beobacht.	101	86	92	73	75	80	135

Reihen M und P 44—45 Proz. aller Beobachtungen innerhalb eines Intervalls von 0,03 Sek. Innerhalb eines Intervalls von 0,06 Sek. häufen sich in diesen Reihen bzw. 91, 88, 87, 92, 79, 79, 85 und 89 Proz. aller Fälle.

Bei der linken Hand kommen innerhalb eines Intervalls von 0,03 Sek. in der Reihe O 70 Proz., in den Reihen F, K, N und Q 47—52 Proz., in den Reihen E und J 37—40 Proz. aller Beobachtungen vor. Innerhalb eines Intervalls von 0,06 Sek. finden wir in diesen Reihen bzw. 79, 85, 66, 89, 84, 88 und 74 Proz.

Im Durchschnitt beträgt dies bei der rechten Hand 58 bzw. 86, und bei der linken 49 bzw. 81 Proz. Die Gleichmässigkeit bei der Ausführung der betreffenden Bewegungen ist also ein klein wenig grösser bei der rechten Hand als bei der linken, was seinen Ausdruck auch darin findet, dass die mittlere Variation im Durchschnitt aller Versuche bei der rechten Hand 0,012 und bei der linken 0,015 Sek. beträgt.

Die absolute Grösse der hier bestimmten Zeit bietet sowohl bei den einzelnen Individuen als bei der rechten und linken Hand eines und desselben Individuums, wie aus den Tabellen der Mittelwerte und der prozentigen Verteilung der Häufigkeit hervorgeht, gewisse Unterschiede dar.

Bei der Versuchsperson L. ist diese Zeit in den Reihen A und C (rechte Hand) durchschnittlich 0,21 bzw. 0,17, und in den Reihen E und F (linke Hand) durchschnittlich 0,18 bzw. 0,22 Sek.

Bei der Versuchsperson T. sind die Durchschnittszahlen für die rechte Hand 0,20, 0,19, 0,20 und für die linke 0,21 Sek.

Bei der Versuchsperson R. T. ergibt sich für die rechte Hand als Durchschnitt 0,20 bzw. 0,22, für die linke 0,21 bzw. 0,23 Sek.

Im Allgemeinen kann man also sagen, dass bei diesen drei Versuchspersonen die mittlere Schlagdauer der rechten Hand etwa 0,17—0,22 Sek. und die der linken etwa 0,19—0,23 Sek. beträgt.

Es muss indessen bemerkt werden, dass nicht allein einzelne sehr kurze Perioden bei diesen Versuchspersonen ab und zu vorkommen (vgl. die Angaben über die Grenzwerte in der Tab. S. 337), sondern auch, dass selbst als Durchschnitt für eine ganze Reihe wesentlich kürzere Werte erhalten werden, wie in der Reihe C 0,17 Sek., und in der Reihe B, 5. Finger 0,13, Reihe D 2. Finger ebenfalls 0,13 Sek.

Daraus folgt, dass auch wenn die gewissermassen gewöhnliche Schlagdauer nicht ganz kurz ist, es indessen der Versuchsperson möglich ist, durch einen besonderen Antrieb die Schnelligkeit der Bewegung wesentlich in die Höhe zu treiben.

Wenn eine genügende Übung vorliegt, ist, wie die Beobachtungen an Frau K. zeigen, der schnellere Rhythmus die Regel. Während bei den drei übrigen Versuchspersonen die Schläge durchschnittlich 5 mal in der Sekunde stattfanden, betrug ihre Zahl bei Frau K. etwa $6 \frac{1}{4}$ mal in der Sekunde.

Bei Frau K. wurden noch die Bewegungen in den metakarpophalangealen Gelenken untersucht (vgl. die folgende Tabelle).

Reihe	Finger	Mittel; ¹ Sek.	Mittlere Variation; Sek.	Grenzwerte; Sek.
		K. Rechte Hand.		
R	II	0,19	0,020	0,25—0,14
	III	0,17	0,012	0,21—0,15
	IV	0,17	0,011	0,19—0,15
	V	0,18	0,015	0,39—0,11
	Mittel	0,18	0,015	0,39—0,11
		Linke Hand.		
S	II	0,21	0,031	0,28—0,13
	II bis	0,18	0,018	0,22—0,13
	III	0,19	0,015	0,23—0,16
	IV	0,18	0,018	0,21—0,14
	V	0,21	0,011	0,36—0,17
	Mittel (II bis—V)	0,19	0,016	0,36—0,13

¹ Vgl. die Note S. 337.

Die Häufigkeitsverteilung dieser Beobachtungen ist in folgender Tabelle nach dem in der Tabelle S. 340 benutzten Verfahren berechnet.

Zeitdauer; Sek.	Prozent sämtlicher Fälle in Reihe	
	R	S
> 0,24	2,0	5,0
0,24—0,22	4,9	11,0
0,21—0,19	32,3	45,8
0,18—0,16	50,0	32,2
0,15—0,13	9,8	6,0
0,12—0,10	1,0	—
Zahl der Beobacht.	102	135

Ein Vergleich dieser Beobachtungen mit den an derselben Versuchsperson bei Bewegungen im Handgelenk gemachten (Reihe P und Q) zeigt, dass sowohl bei der rechten als bei der linken Hand bei Bewegungen im metakarpo-phalangealen Gelenk das Mittel grösser (Reihe P 0,16, Reihe R 0,18; Reihe Q 0,16, Reihe S 0,19) und die mittlere Variation umfangreicher ist (Reihe P 0,013, Reihe R 0,015; Reihe Q 0,014, Reihe S 0,016), sowie dass die grösseren Zeitwerte ($> 0,21$ Sek.) hier reichlicher vorkommen.

Es scheint daher, als ob *die Bewegungen der Finger mit etwas geringerer Präzision als die im Handgelenk erfolgen.*

III.

Beim Anschlag der Klaviertasten finden zwei entgegengesetzte Bewegungen immer statt, nämlich der Anschlag an und für sich (Drücken) und das dann folgende Zurückziehen des Fingers (Heben). An den Signalkurven lässt sich die Dauer dieser beiden Phasen ermitteln, und zwar zähle ich als Drücken die Zeit vom ersten Beginn der Bewegung der Signalspitze nach unten bis zum ersten Beginn ihrer danach folgenden Bewegung nach oben. Absolut genaue Zeitbestimmungen können allerdings in dieser Weise nicht erzielt werden. Da ich aber alle Zahlen auf 0,01 Sek. abgerundet habe, wird der Signalfehler sich hierbei nur in geringem Grade geltend machen können.

Reihe	Finger	Mittel; Sek.	Mittlere Va- riation; Sek.	Grenzwerte; Sek.
L. Rechte Hand.				
A	II	0,05	0,005	0,06—0,04
	III	0,05	0,005	0,06—0,04
	IV	0,04	0,004	0,06—0,04
	V	0,06	0,016	0,09—0,04
	Mittel	0,05	0,008	0,09—0,04
B	II	0,04	0,006	0,05—0,03
	III	0,04	0,005	0,07—0,03
	IV	0,05	0,005	0,06—0,04
	V	0,05	0,012	0,07—0,03
	Mittel	0,04	0,007	0,07—0,03
C	II	0,04	0,005	0,06—0,04
	III	0,04	0,004	0,06—0,04
	IV	0,06	0,017	0,09—0,04
	V	0,07	0,010	0,08—0,04
	Mittel	0,06	0,009	0,09—0,04
L. Linke Hand.				
D	II	0,05	0,005	0,06—0,03
	III	0,07	0,019	0,11—0,04
	IV	0,08	0,021	0,12—0,04
	V	0,10	0,012	0,13—0,05
	Mittel	0,07	0,014	0,13—0,03
E	II	0,07	0,014	0,09—0,04
	III	0,08	0,016	0,11—0,05
	IV	0,07	0,016	0,11—0,04
	V	0,07	0,018	0,11—0,04
	Mittel	0,07	0,016	0,11—0,04
F	II	0,06	0,016	0,10—0,04
	III	0,08	0,016	0,11—0,06
	IV	0,09	0,012	0,11—0,05
	V	0,10	0,012	0,13—0,05
	Mittel	0,08	0,014	0,13—0,04
T. Rechte Hand.				
G	II	0,07	0,013	0,11—0,05
	III	0,07	0,012	0,10—0,05
	IV	0,09	0,008	0,11—0,07
	V	0,10	0,006	0,12—0,08
	Mittel	0,08	0,010	0,12—0,05

H	II	0,07	0,014	0,10—0,04
	III	0,09	0,008	0,10—0,05
	IV	0,08	0,014	0,10—0,04
	V	0,10	0,009	0,12—0,07
	Mittel	0,08	0,011	0,12—0,04
I	II	0,07	0,017	0,10—0,05
	III	0,09	0,010	0,10—0,05
	IV	0,08	0,011	0,10—0,05
	V	0,08	0,014	0,10—0,05
	Mittel	0,08	0,013	0,10—0,05
J	T. Linke Hand.			
	II	0,11	0,007	0,13—0,08
	III	0,11	0,012	0,14—0,10
	IV	0,12	0,011	0,14—0,08
	V	0,13	0,009	0,15—0,10
Mittel	0,12	0,010	0,15—0,08	
K	II	0,11	0,007	0,12—0,09
	III	0,10	0,008	0,13—0,09
	IV	0,11	0,008	0,13—0,09
	V	0,10	0,008	0,12—0,09
	Mittel	0,10	0,007	0,13—0,09
L	R. T. Rechte Hand.			
	II	0,05	0,007	0,07—0,04
	III	0,06	0,010	0,09—0,04
	IV	0,06	0,015	0,10—0,04
	V	0,08	0,015	0,10—0,04
Mittel	0,06	0,012	0,10—0,04	
M	II	0,05	0,006	0,08—0,04
	III	0,08	0,011	0,09—0,05
	IV	0,08	0,016	0,10—0,05
	V	0,08	0,011	0,10—0,05
	Mittel	0,07	0,008	0,10—0,04
N	R. T. Linke Hand.			
	II	0,09	0,010	0,12—0,06
	III	0,08	0,012	0,10—0,05
	IV	0,08	0,012	0,10—0,04
	V	0,09	0,005	0,10—0,06
Mittel	0,09	0,010	0,12—0,04	

O	II	0,10	0,004	0,11—0,09
	III	0,09	0,011	0,10—0,05
	IV	0,10	0,005	0,11—0,09
	V	0,08	0,016	0,10—0,04
	Mittel	0,09	0,009	0,11—0,04
P	K. Rechte Hand.			
	II	0,04	0,003	0,05—0,03
	III	0,05	0,010	0,08—0,03
	IV	0,05	0,010	0,09—0,03
	V	0,08	0,014	0,10—0,04
Mittel	0,05	0,009	0,10—0,03	
Q	K. Linke Hand.			
	II	0,05	0,004	0,09—0,03
	II bis	0,07	0,014	0,09—0,04
	III	0,05	0,006	0,10—0,04
	IV	0,07	0,017	0,13—0,04
	V	0,09	0,005	0,10—0,08
Mittel (II bis—V)	0,07	0,010	0,13—0,03	

Die Zeitdauer der in dieser Weise bestimmten *Druckbewegung* ist bei den Versuchspersonen L. und K. sehr kurz und beträgt, wie aus der Tabelle S. 344—346¹⁾ näher ersichtlich ist, bei jener bei den Versuchen mit der rechten Hand in den Reihen A, B und C durchschnittlich bzw. 0,05, 0,04 und 0,06 Sek. und bei denen mit der linken Hand in den Reihen D, E und F 0,07, 0,07 und 0,08 Sek. Die Versuche an Frau K ergaben durchschnittlich für die rechte Hand 0,05, und für die linke 0,07 Sek.

Etwas länger sind die Mittelwerte für die Versuchspersonen R. T. und T. nämlich für jene, rechte Hand 0,06—0,07, linke Hand 0,09 Sek., für diese rechte Hand 0,08, linke Hand 0,12 bzw. 0,10 Sek.

Die mittlere Variation ist hier ganz derselben Grössenordnung wie beim ganzen Anschlag. Unter insgesamt 62 Versuchen mit etwa 1,600 einzelnen Bestimmungen war die Differenz der mittleren Variation bei dem ganzen Anschlag und dem Drücken in 55 Versuchen höchstens 0,005 Sekunde. Betreffend diese Zahl ist ausserdem zu bemerken, dass sie nur rechnerisch gefunden worden

¹⁾ Hier sind die stark abweichenden 10 Bestimmungen (vgl. S. 334) nicht aufgenommen.

	Linke Hand						
	E	F	J	K	N	O	Q
0,15—0,13	—	1,2	17,6	4,1	—	—	0,7
0,12—0,09	21,1	39,5	62,6	84,9	71,6	57,5	6,7
0,08—0,06	47,3	34,9	18,8	10,9	24,3	35,0	45,5
0,05—0,03	31,6	24,4	—	—	4,1	7,5	47,0
< 0,03	—	—	—	—	—	—	—

IV.

Die Zeitdauer des *Hebens* des Fingers von der Taste bis zum folgenden Anschlag, ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich.

Irgend welche nähere Ausführungen über die darin enthaltenen Angaben sind nach der Besprechung der früheren Tabellen kaum notwendig. Ich bemerke nur, dass die mittlere Variation hier wiederum von derselben Grössenordnung wie die mittlere Variation beim Gesamtanschlag und beim Drücken ist, indem der Unterschied in 59 Fällen von 62 weniger als 0,005 Sek. beträgt.

Zur weiteren Aufklärung der hierbei stattfindenden Variationen weise ich noch auf die Berechnung der Häufigkeitsverteilung (Seite 351) hin.

Aus derselben geht ihrerseits hervor, dass auch bei der Beugebewegung die zeitlichen Werte sich innerhalb eines verhältnismässig kleinen Intervalls sammeln, dass sie aber andererseits doch mehr zerstreut sind, als die Werte für die Druckbewegung.

Reihe	Finger	Mittel; Sek.	Mittlere Variation; Sek.	Grenzwerte; Sek.
L. Rechte Hand.				
A	II	0,17	0,011	0,19—0,13
	III	0,16	0,013	0,18—0,12
	IV	0,16	0,004	0,17—0,18
	V	0,14	0,014	0,16—0,12
	Mittel	0,16	0,010	0,19—0,12

B	II	0,16	0,009	0,18—0,13
	III	0,14	0,018	0,16—0,12
	IV	0,12	0,007	0,14—0,10
	V	0,08	0,008	0,11—0,07
	Mittel	0,15	0,009	0,18—0,07
C	II	0,14	0,005	0,15—0,12
	III	0,13	0,007	0,14—0,11
	IV	0,10	0,015	0,14—0,08
	V	0,09	0,010	0,12—0,06
	Mittel	0,14	0,009	0,15—0,06
D	L. Linke Hand.			
	II	0,09	0,010	0,12—0,06
	III	0,14	0,016	0,18—0,10
	IV	0,14	0,020	0,18—0,10
	V	0,14	0,014	0,20—0,11
Mittel	0,13	0,015	0,20—0,06	
E	II	0,11	0,011	0,14—0,08
	III	0,10	0,010	0,13—0,06
	IV	0,12	0,014	0,15—0,08
	V	0,12	0,012	0,15—0,10
	Mittel	0,11	0,012	0,15—0,06
F	II	0,15	0,013	0,18—0,12
	III	0,14	0,013	0,18—0,10
	IV	0,13	0,012	0,16—0,10
	V	0,13	0,013	0,16—0,10
	Mittel	0,14	0,013	0,18—0,10
G	T. Rechte Hand.			
	II	0,13	0,012	0,16—0,11
	III	0,13	0,013	0,16—0,11
	IV	0,11	0,010	0,13—0,08
	V	0,10	0,008	0,12—0,08
Mittel	0,12	0,011	0,16—0,08	
H	II	0,13	0,006	0,16—0,10
	III	0,09	0,015	0,15—0,06
	IV	0,11	0,018	0,15—0,08
	V	0,09	0,012	0,12—0,07
	Mittel	0,11	0,012	0,16—0,06

I	II III IV V Mittel	0,13 0,11 0,12 0,13 0,12	0,014 0,011 0,012 0,015 0,013	0,16—0,10 0,13—0,09 0,15—0,10 0,16—0,10 0,16—0,09
J	II III IV V Mittel	T. Linke Hand.		
		0,08 0,08 0,10 0,10 0,09	0,009 0,014 0,018 0,010 0,013	0,10—0,06 0,12—0,06 0,13—0,07 0,13—0,08 0,13—0,06
K	II III IV V Mittel	0,09 0,12 0,11 0,10 0,11	0,009 0,018 0,006 0,007 0,010	0,11—0,06 0,15—0,09 0,15—0,10 0,11—0,07 0,15—0,06
L	II III IV V Mittel	R. T. Rechte Hand.		
		0,14 0,14 0,14 0,13 0,14	0,007 0,012 0,012 0,011 0,011	0,16—0,11 0,17—0,10 0,16—0,12 0,17—0,11 0,17—0,10
M	II III IV V Mittel	0,16 0,13 0,15 0,14 0,15	0,014 0,012 0,018 0,010 0,014	0,19—0,13 0,16—0,11 0,18—0,13 0,17—0,12 0,19—0,11
N	II III IV V Mittel	R. T. Linke Hand.		
		0,11 0,13 0,13 0,13 0,12	0,008 0,018 0,011 0,009 0,011	0,15—0,09 0,17—0,11 0,16—0,11 0,15—0,11 0,17—0,09
O	II III IV V Mittel	0,13 0,14 0,13 0,16 0,14	0,007 0,013 0,009 0,020 0,012	0,15—0,11 0,17—0,12 0,16—0,12 0,20—0,12 0,20—0,11

P	II III IV V Mittel	K. Rechte Hand.		0,17—0,09 0,14—0,05 0,12—0,07 0,11—0,05 0,17—0,05
		0,13 0,10 0,10 0,07 0,10	0,014 0,012 0,010 0,012 0,012	
Q	II	0,15	0,017	0,12—0,07
	II bis	0,08	0,014	0,13—0,05
	III	0,12	0,009	0,11—0,05
	IV	0,09	0,016	0,18—0,05
	V	0,06	0,008	0,09—0,04
	Mittel (II bis—V)	0,09	0,012	0,13—0,04

Zeitdauer; Sek.	Prozente sämtlicher Fälle in Reihe Rechte Hand							
	A	C	G	H	I	L	M	P
0,21—0,19	2,4	—	—	—	—	—	14,8	—
0,18—0,16	66,7	0,9	3,4	—	10,7	15,2	50,6	4,1
0,15—0,13	25,0	47,2	36,4	28,1	45,2	78,3	34,6	26,2
0,12—0,09	5,9	34,3	55,6	44,8	44,0	6,5	—	46,7
0,08—0,06	—	17,6	4,5	21,8	—	—	—	22,9

	Linke Hand						
	E	F	J	K	N	O	Q
0,21—0,19	—	2,3	—	—	—	5,0	2,1
0,18—0,16	1,1	31,4	—	4,1	6,7	21,2	9,7
0,15—0,13	36,8	54,6	10,0	24,6	48,6	72,3	20,2
0,12—0,09	55,8	11,6	38,3	65,7	44,6	1,5	26,2
0,08—0,06	6,3	—	48,3	5,6	—	—	38,8
0,05—0,03	—	—	3,0	—	—	—	3,0

V.

Ein Vergleich zwischen den Zeiten des Drückens und des Hebens ergibt, dass jenes im allgemeinen schneller verläuft als dieses, sowie dass in dieser Hinsicht nicht unwesentliche Verschiedenheiten bei den verschiedenen Reihen vorkommen.

Bei der Versuchsperson L. ist die Zeit des Drückens in allen Reihen kürzer als die des Hebens und zwar ist diese, wenn jene gleich

100 gesetzt wird, in den Reihen mit der rechten Hand bzw. 320, 375 und 233 und in denen mit der linken bzw. 186, 157 und 175.

Bei der Versuchsperson T. sind die entsprechenden Zahlen bei der Bewegung mit der rechten Hand bzw. 150, 138 und 150, bei der Bewegung mit der linken 75 und 110. In der Reihe J ist also die Zeit des Hebens kürzer als die des Drückens gewesen.

Bei der Versuchsperson R. T. finden wir für die rechte Hand die Verhältniszahlen 233 und 214, für die linke 133 bzw. 155.

Bei der Versuchsperson K. verhält sich die Zeit des Drückens zu der des Hebens bei der rechten Hand wie 100: 200, bei der linken wie 100: 129. Hierbei ist zu bemerken, dass bei dieser Versuchsperson die Zeit des Hebens kürzer war als bei allen anderen Versuchspersonen mit Ausnahme der Reihe J bei der Versuchsperson T.

Die in allen Versuchsreihen, ausser der Reihe J, hervortretende Erscheinung, dass die Zeitdauer der Drückens kürzer ist als die des Hebens, scheint mir dafür zu sprechen, dass die Versuchspersonen bei der hier untersuchten Bewegung ihre Aufmerksamkeit insbesondere auf die Phase des Drückens gerichtet hatten.

Sie sollten sich bemühen, die gesammte Bewegung möglichst schnell auszuführen. Hierbei lag es sehr nahe, das Niederdrücken der Taste als das wesentlichste aufzufassen und deswegen wurde auf diese Phase der Bewegung das Interesse hauptsächlich konzentriert.

Diese Auffassung findet eine gewisse Bestätigung in dem verschiedenen Verhalten der rechten und der linken Hand.

Wie schon erwähnt, gestaltete sich das zeitliche Verhältnis vom Drücken zum Heben solcherart, dass die relative Dauer des ersten im Verhältnis zu der des zweiten bei allen Versuchspersonen bei der rechten Hand kürzer war als bei der linken Hand, und zwar betrug sie durchschnittlich bei der Versuchsperson L. für die rechte Hand 100: 309, für die linke 100: 173, bei der Versuchsperson T. für die rechte Hand 100: 146, für die linke 100: 93; bei der Versuchsperson R. T. für die rechte Hand 100: 224, für die linke 100: 144; bei der Versuchsperson K. für die rechte Hand 100: 200, für die linke 100: 129.

Aus den obigen Tabellen ist es ersichtlich, dass die Ursache dieses Verhaltens darin liegt, dass bei den Versuchen mit der linken Hand teils die Zeitdauer des Drückens länger war als bei den Versuchen

mit der rechten Hand (durchschnittlich bei der Versuchsperson L. für die rechte Hand 0,05, für die linke 0,07 Sek., bei der Versuchsperson T. für die rechte Hand 0,08, für die linke 0,11 Sek., bei der Versuchsperson R. T. für die rechte Hand 0,07, für die linke 0,09 Sek., sowie für die Versuchsperson K. für die rechte Hand 0,05, für die linke 0,07 Sek.), teils auch die Dauer des Hebens eine gewisse Neigung hatte bei der linken Hand etwas abgekürzt zu werden (durchschnittlich bei der Versuchsperson L. für die rechte Hand 0,15, für die linke 0,13 Sek., bei der Versuchsperson T. für die rechte Hand 0,12, für die linke 0,10; bei der Versuchsperson R. T. für die rechte Hand 0,14, für die linke 0,13 Sek., bei der Versuchsperson K. für die rechte Hand 0,10, für die linke 0,09).

Es scheint daher als ob gerade bei der Ausführung der Hauptphase der gestellten Aufgabe die weniger leistungsfähige linke Hand schlechter arbeitete.

VI.

Bei den Versuchen an Frau K., wo die Bewegungen nicht im Handgelenk sondern im metakarpo-phalangealen Gelenke stattfanden (vgl. oben S. 342), gestaltete sich die Zeitdauer beim Drücken und Heben in folgender Weise.

Diese Werte stehen mit denjenigen, welche an derselben Versuchsperson bei Bewegung im Handgelenk gefunden wurden, in

Drücken

Reihe	Finger	Mittel; Sek.	Mittlere Variation; Sek.	Grenzwerte; Sek.
		Rechte Hand.		
R	II	0,05	0,010	0,09—0,04
	III	0,05	0,012	0,08—0,04
	IV	0,05	0,018	0,08—0,04
	V	0,08	0,017	0,11—0,04
	Mittel	0,06	0,014	0,11—0,04
		Linke Hand.		
S	II	0,06	0,013	0,10—0,05
	II bis	0,06	0,016	0,10—0,04
	III	0,06	0,017	0,10—0,04
	IV	0,07	0,012	0,09—0,04
	V	0,09	0,008	0,11—0,05
	Mittel (II bis—V)	0,07	0,014	0,11—0,04

Heben

R	II III IV V Mittel	Rechte Hand.		0,17—0,09 0,15—0,08 0,13—0,08 0,13—0,06 0,17—0,06
		0,13 0,12 0,11 0,10 0,12	0,015 0,010 0,016 0,015 0,014	
S	II	0,14	0,020	0,20—0,08
	II bis	0,12	0,019	0,16—0,06
	III	0,12	0,017	0,18—0,09
	IV	0,11	0,011	0,14—0,09
	V	0,12	0,009	0,14—0,10
	Mittel	0,12	0,014	0,20—0,06
	(II bis—V)			

guter Übereinstimmung. Nur ist die mittlere Variation bei den Bewegungen mit den Fingern in den meisten Fällen etwas grösser als die in den entsprechenden Versuchen bei Bewegung im Handgelenk. Die Differenzen betragen beim Drücken, Reihe R bzw. + 0,007, + 0,002, + 0,008, + 0,003, Reihe S + 0,009, + 0,002, + 0,011, — 0,005, + 0,003, und beim Heben Reihe R + 0,001, — 0,002, + 0,006, + 0,003 sowie bei der Reihe S + 0,003, + 0,005, + 0,008, — 0,005, + 0,001.

Die Bewegungen mit den Fingern verlaufen also etwas weniger gleichmässig als die mit der ganzen Hand.

Zur weiteren Aufklärung teile ich noch eine Berechnung der Häufigkeitsverteilung hier mit.

Zeitdauer; Sek.	Prozente sämtlicher Fälle			
	Drücken		Heben	
	Reihe R	Reihe S	Reihe R	Reihe S
0,21—0,19	—	—	—	2,6
0,18—0,16	—	—	12,0	25,0
0,15—0,13	—	—	47,0	53,5
0,12—0,09	6,0	13,8	37,0	17,3
0,08—0,06	27,0	33,6	3,0	2,6
0,06—0,03	67,0	52,6	1,0	—

VII.

Die beim Herabdrücken der Taste ausgeführte Bewegung verläuft an und für sich sehr schnell und hat in zahlreichen Fällen

nur eine Zeit von 0,04 ja 0,03 Sek. erfordert. *Auf Grund der hier zusammengestellten Beobachtungen können wir also sagen, dass die Dauer einer einfachen willkürlichen Bewegung beim Menschen nur etwa 0,03 Sek. beansprucht.*

Die Signalkurve lässt indessen nicht den exakten Augenblick erkennen, wo die Bewegung beim Herabdrücken der Taste einsetzt. Die hier angegebenen zeitlichen Werte sind infolge dessen als etwas zu kurz zu bezeichnen.

Man bekommt aber Zahlen etwa derselben Grössenordnung auch aus der Gesamtdauer eines Schlages, wenn man nämlich berücksichtigt, dass hier zwei Phasen vorliegen, die alle beide als willkürliche Bewegungen aufgefasst werden müssen.

Wir finden nämlich als kleinste Zahlen für den ganzen Schlag mit der rechten Hand bei den Versuchspersonen L. und K. 0,10, bei den Versuchspersonen T. und R. T. 0,15 Sek., was also, vorausgesetzt dass beide Phasen gleich lang sind, für jede Phase einer Zeit von 0,05 bzw. 0,075 Sek. entspricht. Da aber, wie aus den vorliegenden Versuchen hervorgeht, die beiden Phasen in der Mehrzahl der Fälle von sehr verschieden langer Dauer sind, muss die kürzere Phase offenbar kürzer als 0,05 bzw. 0,075 Sek. sein. Sie nähert sich also wesentlich der soeben angegebenen Zahl.

Da diese Mitteilung keine abgeschlossene Untersuchung darstellt, sondern nur bezweckt zu zeigen, wie auch das Klavierspiel Gegenstand psychotechnischer Prüfung werden kann, finde ich es nicht angezeigt, die hier gewonnenen Gesichtspunkte als besondere Schlussfolgerungen zusammenzustellen, sondern verweise in dieser Hinsicht auf das oben Ausgeführte.
