

Chronoskop und Chronograph.

Von

James McKeen Cattell.

Columbia College.

In einer Besprechung (*Am. Journ. of Psychology* IV, 596) eines Aufsatzes von Külpe und Kirschmann (*Philos. Stud.* VIII, 145) bemerkte ich, dass bei Prüfung des von ihnen beschriebenen Fallhammers durch den Wundt'schen Chronographen sich eine mittlere Variation (auf englisch: variable error; der Ausdruck »variabler Fehler« ist im Englischen: error of mean square) von $1,04\sigma$ ergab, und dass bei Prüfung des Hipp'schen Chronoskops durch den Fallhammer die mittlere Variation im wesentlichen dieselbe war. Ich schloss daraus, dass für Chronographen und Chronoskop die mittlere Variation dieselbe sei. Wundt legt in einer Erwiderung (*Chronograph und Chronoskop*, Notiz zu einer Bemerkung J. M. Cattell's; *Philos. Stud.* VIII, 653) auf meine Besprechung dar, dass ich die Prüfung des Controlhammers mit der des Chronographen vermengt habe. Ich glaube nicht, dass dem so ist: Wenn der Hammer mit Hülfe des Chronographen geprüft wird, ist die herauskommende mittlere Variation theils auf Rechnung des Hammers, theils auf die des Chronographen zu setzen, und zwar ist sie die Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate der beiden einzelnen Variationen. Wenn also g die mittlere Variation des Chronographen und h die des Hammers bezeichnet, so ist:

$$\sqrt{g^2 + h^2} = 1,04\sigma$$

Wenn das Chronoskop (seine mittlere Variation sei s) mit Hilfe des Hammers geprüft wird, so ergibt sich in gleicher Weise:

$$\sqrt{s^2 + h^2} = 1,05 \sigma$$

Da die wahrscheinlichen Fehler der Zahlen $1,04 \sigma$ und $1,05 \sigma$ größer als $0,01 \sigma$ sind, darf man

$$\sqrt{g^2 + h^2} = \sqrt{s^2 + h^2},$$

und, da h in beiden Fällen dasselbe ist,

$$g = s$$

setzen, d. h. die mittlere Variation (und der wahrscheinliche Fehler) ist für Chronoskop und Chronographen gleich.

Im vorliegenden Falle wurden Chronograph und Chronoskop für dieselben 10 Intervalle (von 616 bis $56,6 \sigma$) geprüft, und das sind die Zeiten, welche bei psychologischen Versuchen am häufigsten vorkommen. Wir kennen weder die mittlere Variation des Chronoskops noch die des Chronographen, wir wissen nur, dass sie für beide ungefähr dieselbe ist und vermuthlich $< 1 \sigma$. Die mittlere Variation des Chronographen würde natürlich beim Messen einer Zeit von 10σ kleiner sein als bei längeren Zeiten, aber sie kann nicht dazu dienen in Fällen, wo beide Instrumente gebraucht werden können, ihr Genauigkeitsverhältniss anzugeben. Thatsächlich ergeben Lange's Prüfungen (Philos. Stud. IV, 457) nicht den wahrscheinlichen Fehler des Chronographen beim Messen einer Zeit von 10σ , sondern den wahrscheinlichen Fehler des bei der Zeitregistrierung durch die zwei Magnete auftretenden constanten Fehlers.

Ich ergreife diese Gelegenheit und untersuche, was als Regulator des Chronoskops vortheilhafter ist, ein Fallschirm, wie ich ihn zuerst angewendet habe (Philos. Stud. III, 305), oder ein Fallhammer, wie ihn Berger und ich (Berger, Philos. Stud. III, 38) und später Lange (Philos. Stud. IV, 479) angewandt haben, und wie ihn in vergrößerter Form Külpe und Kirschmann (l. c.) und Wundt (Philos. Stud. VIII, 655) empfehlen. Der von mir in Leipzig benutzte Fallschirm und das Chronoskop hatten zusammen eine mittlere Variation $< 2 \sigma$ und wurden als genauer und bequemer erfunden als der Hammer, der im psychologischen Institut für

andere Zwecke schon früher benutzt worden war. Als später Lange (nach Anbringung einiger Aenderungen) den Hammer sehr empfahl, ließ ich mir von Krille einen solchen anfertigen. Ich fand ihn wenig zufriedenstellend — der Fehler war bei ihm verhältnissmäßig groß; er kam fortwährend in Unordnung, und die absolute Fallzeit konnte nicht genau bestimmt werden. Andere hier zu Lande machten ähnliche Erfahrungen, und Martius (Philos. Stud. VI, 167) benutzte den Hammer zur Controle des Chronoskops, ohne die Zeiten für Hammer und Chronoskop zu kennen. Ich bestellte dann einen verbesserten Fallschirm bei Krille. Külpe und Kirschmann (l. c.) geben an, dass sie das Instrument geprüft und dafür eine mittlere Variation von $2,2 \sigma$ gefunden haben. Dieser Fehler wäre an sich nicht sehr groß, aber er muss dadurch entstanden sein, dass entweder Schirm oder Chronograph nicht ganz in Ordnung waren. Ich fand für diesen Schirm und das Chronoskop zusammen die mittlere Variation ein wenig kleiner als 1σ . So waren in 8 auf einander folgenden Reihen von je 5 Versuchen die mittleren Variationen:

0,8 0,8 1,0 1,2 0,4 0,8 0,8 0,8 σ

während die normale Zeit ungefähr 110σ betrug. Witmer, welcher jetzt angestellt ist an dem Laboratorium der University of Pennsylvania, in dessen Besitz sich dies Instrument befindet, theilte auf der letzten Versammlung der American Psychological Association mit, dass es mit dem Chronoskop zusammen einen Fehler unter 1σ ergebe.

Ich benutze jetzt einen neuen Fallchronometer, der von Clay und Torbensen, Camden N. J., gefertigt ist. Die Säulen sind 2 m hoch und gestatten es, Zeiten bis zu 600σ zu messen. Der Schirm wiegt 2 kg und die Reibung ist durch Anbringen von Rädern fast ganz aufgehoben. Beim Gebrauch dieses Regulators ist sowohl der constante Fehler wie die mittlere Variation $< 1 \sigma$. So waren in 3 auf einander folgenden Reihen von je 10 Versuchen (18. Juni 1892), bei einer Normalzeit von 100σ , die mittleren Variationen $0,54$; $0,64$ und $0,56 \sigma$. Diese sehr geringe Variation ist fast ganz auf Rechnung des Chronoskops zu setzen, welches nur jedesmal die nächste volle Tausendstelsecunde anzeigen kann.

Ich bezweifle zwar nicht, dass der von Külpe und Kirschmann beschriebene Fallhammer recht wohl zur Regulierung des Chronoskops dienen kann¹⁾, aber ich glaube, ein Fallschirm ist besser. Man kann die absolute Fallzeit ohne Chronographen bestimmen, er kommt nicht leicht in Unordnung, und dasselbe Instrument kann für mannigfache psychologische Zwecke benutzt werden.

1) Das kann auch das von Witmer auf der Versammlung der American Psychological Association beschriebene Pendel, die von Jastrow (*American Journ. of Psychol.* IV, 198) und von Dessoir (*Archiv f. Anat. u. Physiol.* 1892, 175) angewandte Methode, und das könnte auch der von Peyer und Favarger gelieferte Fallapparat, wenn man daran die Lagen des Unterbrechungs- und Schließungs-Contacts vertauschte.