

ÜBER VERÄNDERUNGEN DER PULSFREQUENZ
BEI KURZZEITIGEN
KONZENTRATIONSLEISTUNGEN

E. ULICH und DORETTE v. STÖSSER

Psychologisches Institut der Universität München

Eingegangen am 15. III. 1961.

Veränderungen der Pulsfrequenz bei einfachen kurzzeitigen Konzentrationsleistungen wurden an 15 Mädchen, 15 Jungen und 15 Erwachsenen in insgesamt 90 Einzelversuchen untersucht. Die Beobachtung anderer Autoren über eine Pulsbeschleunigung bei einfach strukturierter geistiger Arbeit konnte bestätigt werden.

Die Frage nach den körperlichen Begleiterscheinungen seelischer Zustände hat im Rahmen der physiologischen Psychologie schon früh eine bedeutsame Rolle gespielt, die aus den Arbeiten von Lehmann (1899/1901), Brahn (1903), Gent (1903), Zoneff und Meumann (1903), Kelchner (1905), Wundt (1910⁶) sowie den zusammenfassenden und kritisch analysierenden Darstellungen von Leschke (1911, 1914) deutlich hervorgeht.

Erst die Entwicklung von Methoden zur fortlaufenden Messung »physiologischer Korrelate« der psychischen Vorgänge gestattet jedoch einen genaueren Einblick in die die seelischen Zustände und Abläufe begleitenden Veränderungen von Kreislaufgrößen. So beschäftigt sich in neuerer Zeit insbesondere Bartenwerfer (1957, 1960, 1960, 1961) mit den Problemen der Meßbarkeit der psychischen Beanspruchung durch Registrierung von Herzrhythmus-Merkmalen. Das Ziel derartiger Untersuchungen ist – ausgesprochen oder unausgesprochen – häufig die Schaffung einer Skala unterschiedlicher Grade der psychischen Beanspruchung, die nicht nur von theoretischem sondern weitgehend auch von praktischem Interesse sein dürfte.

Praktische Schulßfolgerungen werden auch durch die Untersuchung von Rutenfranz (1960) über das Verhalten der Pulsfrequenz bei Arbeiten unter Zeitdruck nahegelegt. Rutenfranz wies darauf hin, daß auch bei körperlichen Arbeiten damit zu rechnen sei, »daß insbesondere bei taktgebundenen Tätigkeiten das Ausmaß der Pulsfrequenzsteigerung nicht nur von der Größe der dynamischen oder statischen Arbeitskomponenten abhängt. Jedes Gefühl der Hetze und die Situation der »Frustration« können, wie wir gezeigt haben, nicht unerhebliche Steigerungen der Pulsfrequenz verursachen, was zu Fehlschlüssen bei der Arbeitsplatzbewertung nach rein körperlichen Gesichtspunkten verleiten muß. Allerdings dürfte es im Einzelfall nicht einfach sein, anzugeben, wie groß der Anteil der durch solche psychischen Faktoren verursachten Pulsbeschleunigung ist« [Rutenfranz (1960)].

I. FRAGESTELLUNG

Mehrere frühere Untersucher beschäftigten sich u. a. mit der Frage der Veränderungen der Pulsfrequenz beim Lösen einfacher Rechenaufgaben. So konnte z. B. Lehmann (1899/1901) eine Zunahme der Pulsfrequenz beim Addieren beobachten, während Gent (1903) bei einfachen Rechenoperationen keine Veränderungen fand, bei schwierigeren Aufgaben dagegen nach einem anfänglichen Absinken eine Steigerung der Pulsfrequenz. Diese Beobachtung wurde von Zoneff und Meumann (1903) sowie von Weber (1910) bestätigt, während Gillepsie (1924) über ein Maximum der Pulsbeschleunigung in der ersten bis dritten Arbeitsminute und eine darauf folgende Verlangsamung der Pulsfrequenz berichtete.

Neuerdings fanden Luff und Bohné (1956) sowie Bartenwerfer (1960) Beschleunigungen der Herztätigkeit bei einfachen Rechenoperationen wie Addieren und Subtrahieren einfacher Zahlen. Luff (1959) berichtete ferner über einen Anstieg der Pulsfrequenz bei Untersuchungen am Bourdon-Test-Gerät und einen nach Beendigung der Leistung sofort auf den Ruhewert abfallenden Erholungspuls.

Für unsere Untersuchung ergibt sich als erste Aufgabe eine Überprüfung der oben erwähnten Mitteilung von Gillepsie (1924), die im Gegensatz zu den Beobachtungen anderer Autoren steht. Eine weitere Aufgabe bildet die Beobachtung der Pulsfrequenz bei in die Arbeit eingeschalteten Kürzestpausen, die nach den Ergebnissen von Graf (1922, 1924, 1927) auch bei einfacher Rechentätigkeit eine Leistungssteigerung bewirken. Eine dritte Aufgabe ergab sich durch die Beantwortung der Frage nach eventuell festzustellenden geschlechtsspezifischen Unterschieden. Ein Vergleich zwischen Jugendlichen und Erwachsenen stellt eine vierte Aufgabe dar.

II. METHODIK

Zur Beantwortung der beschriebenen Fragestellung waren hinsichtlich der Methodik mehrere Wege möglich. Wir entschlossen uns, zur fortlaufenden Registrierung der Pulsfrequenz den Cardio-Teil des Stoelting-Deceptographen Nr. 22500 zu verwenden.

Der Deceptograph 22500 (Abb. 1) ist ein tragbares Gerät, mit dem – nach den Angaben der Hersteller-Firma¹ – »vom Bewußtsein gesteuerte, der willkürlichen Beeinflussung aber weitgehend unzugängliche und über das vegetative Nervensystem wirkende körperliche Veränderungen und Reaktionen aufgezeichnet werden können. Die von dem Instrument erfaßten Veränderungen betreffen Puls und relativen Blutdruck (Cardio-Teil), den Atem-Rhythmus (Pneumo-Teil) und den psychogalvanischen Hautwiderstand (GSR-Teil).« Alle drei Teile können gleichzeitig oder einzeln verwendet werden.

Da das Gerät für eine Eingangsspannung von 115 Volt (Wechselstrom) hergestellt wird, ist bei abweichender Netzspannung die Vorschaltung eines Transformators notwendig. Aus Gründen der besseren Handhabung wurde in das von uns verwendete Gerät ein Transformator direkt eingebaut. Ebenfalls eingebaut wurde ein Mikrophon; über Geräteanschluß (7) kann über Verstärker Lautsprecher oder Tonband angeschlossen werden.²

Bei Untersuchungen mit dem Cardio-Teil wird eine Ober- oder Unterarmmanschette mit dem Anschlußzapfen des Cardio-Teils (3) verbunden; die Handpumpe zum Aufpumpen der Manschette wird an den Anschlußzapfen (8) angeschlossen. Beim Aufpumpen der Manschette wird am Druckanzeiger G der Druck in mm/Hg abgelesen, während des Aufpumpens wird die Cardio-Feder durch den Schalter C festgestellt. Ist der für die Untersuchung erforderliche Druck erreicht (maximal zulässig: 150 mm/Hg), wird durch Bedienung des Schließventils H ein geschlossenes pneumatisches System hergestellt. Anschließend wird – nachdem bereits früher das Stromzuführungskabel in den Gerätekontakt K eingeschraubt worden war – das Gerät durch den Stromzuführungsschalter (4) eingeschaltet und der den Papiertransport betreibende Synchronmotor (3 Watt) über den Antriebsschalter (1) in Betrieb gesetzt. Sodann wird über den Schalter G die Cardio-Feder wieder freigegeben, sodaß eine Aufzeichnung der Pulsfrequenz möglich wird. Über den Zentrierknopf D wird schließlich die Cardio-Feder auf die Grundlinie eingestellt und über den Resonanzregler E die Amplitude reguliert. Nach Beendigung der Untersuchung kann durch Öffnen des Abfluß-Ventils F der Manschettendruck schnell aufgehoben werden.

¹ C. H. Stoelting Company, Chicago, Ill., USA

² Dem Leiter der Institutswerkstatt, Herrn J. Aumüller möchten wir für seine Arbeiten an dieser Stelle herzlichen Dank sagen.

Eine zusätzliche Überprüfung mit dem Pneumo-Teil erfordert einen Anschluß des Pneumograph-Brustteiles (bestehend aus einem Gumschlauch) an den Anschlußzapfen (2). Das Pneumo-Ventil B dient zur Feststellung der Pneumo-Feder bei Anlegen des Brustteiles. Schließlich wird durch den Zentrierknopf A die Pneumo-Feder bei Beginn des Versuches auf die »Atmungs-Grundlinie« eingestellt.

Bei einer Untersuchung mit dem GSR-Teil (Galvanic Skin Response) ist zunächst die Schraubverbindung am Kabel der aus rostfreiem Stahl bestehenden Fingerelektroden in den entsprechenden Anschluß am Gerät (6) einzuschrauben und das Fingerelektroden-Paar anzulegen. Der Regler K dient zur Abstimmung des Stromkreises des GSR-Teiles mit dem individuellen Hautwiderstand der Versuchsperson, die sich in einem Einspielen der GSR-Feder auf die GSR Grundlinie zeigt. Mit der Sensivitätseinstellung I werden die Ausschläge der Feder reguliert, mit dem Zentrierschalter L kann wahlweis auf Handzentrierung oder automatische Zentrierung der GSR-Feder geschaltet werden.

Die Aufschreibung der über das Gerät gemessenen Veränderungen von Puls, Atem und Hautwiderstand erfolgt mit Hilfe von aus rostfreiem Stahl bestehenden und mit einer Spezialtinte gefüllten Kapillarröhren-Federn auf einem 15 cm breiten Registrierpapier, das mit einer Geschwindigkeit von 15 cm pro Minute transportiert wird.

Abb. 2 zeigt ein Beispiel für die Schreibung der Pulsfrequenz, wie sie von uns untersucht wurde. Je eine Hin- und Herbewegung der Feder stellt zusammen einen Pulsschlag dar, sodaß sich die Pulsfrequenz – auf die allein es uns hier ankam – leicht auszählen läßt. Der leichte Knick in der Pulsschreibung wird durch das Schließen der Aortenklappe hervorgerufen.

Bei der hier vorgelegten Untersuchung benutzten wir nur den Cardio-Teil des Gerätes, das bereits früher in einen Untersuchungstisch eingebaut worden war (vgl. Abb 3). Da eine Untersuchung mit Anlegen einer Manschette an Ober- oder Unterarm erfahrungsgemäß nach verhältnismässig kurzer Zeitdauer zu für die Versuchspersonen unangenehmen Druckempfindungen führt, entschieden wir uns dafür, den Puls unter Verwendung einer Unterarm-Manschette von der Arterie in Höhe des linken Fußgelenkes abzunehmen. Auf diese Weise können Untersuchungen bis zu 45 Minuten Dauer im allgemeinen ohne besondere Schwierigkeiten durchgeführt werden (Ulich 1961).

Die räumliche Anordnung im Untersuchungsraum zeigt Abb. 3.

Als Konzentrationsleistung diente in der vorliegenden Untersuchung fortlaufendes Addieren von einstelligen Ziffern [Arbeitsversuch nach Kraepelin (1902)], wobei wir allerdings nicht die Kraepelinschen Rechenhefte, sondern den Rechenbogen nach Pauli (1936) verwendeten.

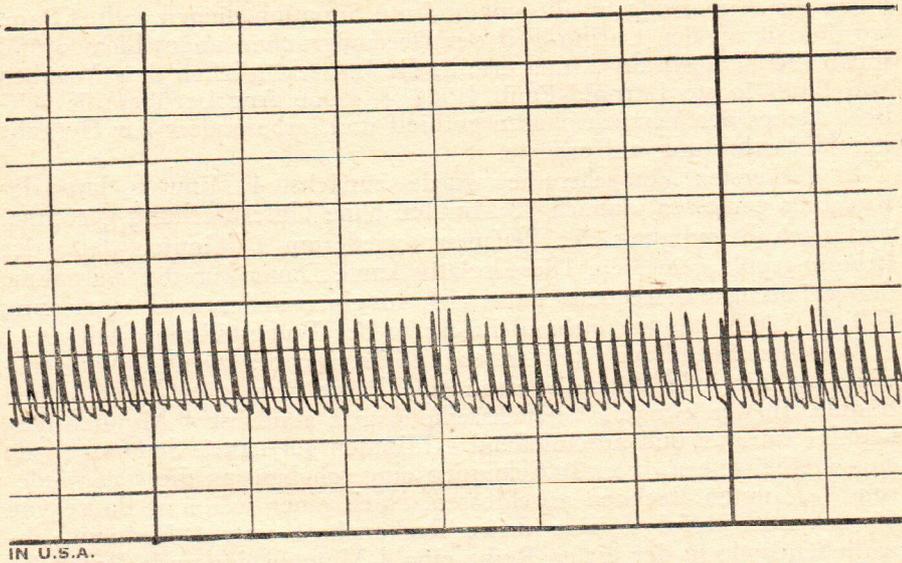


Abb. 2 - Ausschnitt aus dem Registrierstreifen mit Schreibung der Pulsfrequenz

III. VERSUCHSPERSONEN UND VERSUCHSANORDNUNG

Die hier vorgelegten Untersuchungen wurden an drei Personengruppen vorgenommen. Unsere Versuchspartner in der Gruppe I waren 15 Buben im Alter von 12 bis 14 Jahren, die zur Zeit der Untersuchungen alle eine Schule besuchten und in der Mehrzahl in Jugendheimen wohnten. Die Gruppe II setzte sich aus 15 Mädchen im Alter von 12 bis 14 Jahren zusammen, die ebenfalls ausnahmslos Schülerinnen waren und in der Mehrzahl in Jugendheimen wohnten. Unsere Versuchspartner in der Gruppe III schließlich waren 15 erwachsene Personen im Alter von 19 bis 32 Jahren, davon 9 männliche Studierende, 5 weibliche Studierende und eine Hausfrau.

Die Auswahl der Versuchspersonen erfolgte lediglich unter dem Aspekt der freiwilligen Meldung zur Teilnahme an der Untersuchungsreihe. Andere Gesichtspunkte wie der Entwicklungsstand insbesondere der jugendlichen Versuchspartner, die Repräsentativität der Stichprobe usw. konnten bei der Auswahl der Personen keine Berücksichtigung finden.

Jeder unserer Versuchspartner unterzog sich zwei voneinander getrennten Versuchsreihen, sodaß hier über insgesamt 90 Einzelversuche berichtet wird.

Vor Beginn der Versuche, die - mangels anderweitiger Möglichkeit - in der Regel in der Zeit zwischen 15 und 17 Uhr stattfanden, erhielten die Versuchspersonen jeweils eine Ruhezeit von 20 Minuten, die vor

allem der Anpassung an die angewohnte Situation dienen sollte. Dann wurden sie an den Cardio-Teil des Deceptographen angeschlossen und ihnen die Versuchsanweisung erteilt, die im wesentlichen den Angaben von Pauli folgte [Arnold-Pauli (1960³)], keine Angabe über die zeitliche Dauer der Versuchsphasen enthielt und insbesondere zur Hergabe der Höchstleistung aufforderte.

In der ersten Versuchsreihe wurde zunächst 4 Minuten lang der Ruhepuls gemessen, danach 12 Minuten ohne Unterbrechung gerechnet und nach Beendigung des Rechnens wiederum 4 Minuten lang der Erholungspuls gemessen. Diese relativ kurze Dauer für die Aufnahme der Erholungspulsfrequenz hatte sich in einer anderen Untersuchung [Ulich (1961)] als ausreichend im Sinne der Fragestellung erwiesen.

Zwischen Beendigung der ersten und Beginn der zweiten Versuchsreihe lag für jede Versuchsperson eine Pause von etwa einer halben Stunde. In der zweiten Versuchsreihe wurde zunächst 4 Minuten Ruhepuls gemessen und anschließend 4 Minuten gerechnet. Sodann wurde eine »Arbeitspause« von 30 Sekunden eingeschoben, an die sich wiederum 4 Minuten Rechnen anschlossen. Nach einer weiteren Pause von 60 Sekunden erfolgte eine dritte Rechenphase von 4 Minuten, abschließend wie in der ersten Reihe eine 4 Minuten dauernde Registrierung der Erholungspulsfrequenz.

IV. ERGEBNISSE

Zunächst zeigt sich in der Versuchsreihe I in allen drei Gruppen ein geringfügiges, wenn auch nicht signifikantes Ansteigen der Pulsfrequenz schon in der Ruhephase, das mit einer »Erwartungsspannung« ohne weiteres zu erklären ist. Auch Rutenfranz, Hellbrügge, Stehr, Hocke und Hocke (1960) berichteten über einen Anstieg der Pulsfrequenz mit Verlängerung der Ruhepulsmessung.

In der ersten Arbeitsminute zeigt sich in Versuchsreihe I ein mittlerer Anstieg der Pulsfrequenz um 12 Schläge bei den Jungen und Mädchen, um 14 Schläge bei den Erwachsenen (vgl. Tab. 1).

Die Erhöhung der Pulsfrequenz vom mittleren Ruhewert zur ersten Arbeitsminute ist bei den Mädchen statistisch signifikant, bei den Jungen und den Erwachsenen sehr signifikant.³ Bis zur dritten Arbeits-

³ Die Signifikanzen wurden mit Hilfe der t-Funktion in der von Koller (1953) angegebenen Formel berechnet:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

In unserer Darstellung werden Unterschiede mit einer Zufallswahrscheinlichkeit von $p < 0,1\%$ als »sehr signifikant« bezeichnet, solche von $p < 1,0\%$ als »signifikant«, von $p < 5\%$ als »wahrscheinlich signifikant« und von $p > 5,0\%$ als »nicht signifikant«.

Tab. 1
Veränderungen der Pulsfrequenz bei einer einfachen Konzentrationsleistung mit und ohne Arbeitspausen

	Versuchsreihe I			Versuchsreihe II		
	Mädchen	Jungen	Erwachsene	Mädchen	Jungen	Erwachsene
1. Ruheminute	84,7	81,1	75,3	77,8	74,5	74,1
2. Ruheminute	86,1	81,3	75,4	79,2	75,3	74,3
3. Ruheminute	85,7	81,8	76,1	79,7	77,2	74,0
4. Ruheminute	86,6	81,9	75,6	79,5	76,3	74,6
Mittl. Ruhepuls	85,7	81,5	75,4	79,0	75,8	75,8
1. Arbeitsminute	98,6	94,0	89,3	89,1	86,1	83,9
2. Arbeitsminute	96,1	90,1	86,4	90,3	83,9	81,3
3. Arbeitsminute	94,8	90,4	84,5	90,3	84,9	80,7
4. Arbeitsminute	95,4	90,3	85,6	91,3	85,2	82,5
Mittl. Arbeitspuls	96,1	91,1	86,4	89,9	84,9	81,5
1. Arbeitspause	—	—	—	81,5	79,5	76,0
5. Arbeitsminute	93,5	89,6	84,4	88,5	83,1	80,0
6. Arbeitsminute	94,4	90,7	83,8	90,3	85,2	80,9
7. Arbeitsminute	95,0	90,5	84,5	92,0	84,1	81,1
8. Arbeitsminute	94,3	90,1	83,6	91,5	85,2	81,3
Mittl. Arbeitspuls	94,5	90,8	84,0	90,4	84,2	80,8
2. Arbeitspause	—	—	—	81,1	80,8	76,3
9. Arbeitsminute	94,5	90,6	85,4	90,1	84,6	80,1
10. Arbeitsminute	94,8	89,0	85,0	90,8	85,2	80,9
11. Arbeitsminute	93,9	89,7	84,9	91,8	85,5	81,7
12. Arbeitsminute	94,9	90,5	84,5	92,2	85,2	81,3
Mittl. Arbeitspuls	94,3	90,3	85,0	91,5	85,0	81,0
1. Erholungsminute	83,4	81,1	73,7	81,6	77,6	73,7
2. Erholungsminute	82,3	79,4	73,5	78,5	78,1	73,5
3. Erholungsminute	82,1	80,8	74,1	78,2	77,2	74,0
4. Erholungsminute	81,9	81,8	76,1	80,3	—	—
Mittl. Erholungspuls	82,5	80,6	74,5	79,9	77,7	73,7

minute ist dann eine Pulsverlangsamung von drei bis vier Schlägen bei den Jungen und Mädchen, von im Mittel (AM) 5 Schlägen bei den Erwachsenen zu beobachten. Diese Pulsverlangsamung ist allerdings in allen drei Gruppen statistisch nicht zu sichern. Von nun an bleibt die Pulsfrequenz bis zum Ende der »Arbeitszeit« mit geringen Schwankungen etwa gleich. Unmittelbar nach Beendigung der Arbeit fällt die Pulsfrequenz soweit ab, daß sie bereits in der 1. bzw. 2. Erholungsminute um 1 bis 2 Pulse unter dem Puls der 1. Ruheminute liegt; die Verlangsamung der Herzschlagfolge ist bei den Mädchen sehr signifikant, bei den Jungen signifikant und bei den Erwachsenen wahrscheinlich signifikant. Wir glauben, hierin eine Bestätigung für unsere schon erwähnte Annahme zu finden, daß in der Ruhezeit vor Arbeitsbeginn bereits eine – wie wir oben zeigten, steigende – Erwartungsspannung wirksam wurde. Im übrigen ist es nach den neueren Ergebnissen von Rutenfranz, Hellbrügge, Stehr, Hocke und Hocke (1960) geradezu ein Kriterium für durch psychische Beanspruchung hervorgerufene Pulsbeschleunigung, daß die Pulsfrequenz unmittelbar nach Beendigung der Leistung bis auf den Ruhewert absinkt.

Schließlich ist darauf hinzuweisen, daß die Streuungen bei den Jungen durchgängig größer sind als bei den Mädchen, bei den Erwachsenen durchgängig größer als bei den Jugendlichen (Tab. 2).

Tab. 2

Mittlere Varianz (δ^2) der Pulsfrequenz in den einzelnen Versuchsabschnitten

	Versuchsreihe I			Versuchsreihe II		
	Mädchen	Jungen	Erwachsene	Mädchen	Jungen	Erwachsene
Ruheabschnitt	7,3	8,8	11,3	6,1	8,5	10,4
1. Arbeitsabschnitt	7,9	7,5	12,7	8,3	6,3	12,8
1. Arbeitspause	—	—	—	6,8	8,7	12,1
2. Arbeitsabschnitt	8,8	10,4	12,1	7,9	9,6	12,9
2. Arbeitspause	—	—	—	7,1	8,6	10,1
3. Arbeitsabschnitt	7,9	9,6	11,8	7,6	9,2	11,5
Erholungsabschnitt	5,6	5,9	10,6	5,4	7,4	11,2

In der Versuchsreihe II zeigt sich bei den Jugendlichen in den Minuten der Ruhepulsmessung wiederum das Auftreten der oben beschriebenen Erwartungsspannung. Diese ist möglicherweise aber nicht mehr mit der Unsicherheit einem noch unbekanntem Versuch gegenüber gekoppelt, sondern vielmehr mit dem Bestreben, eine höhere Leistung als im ersten Versuch zu erzielen. Bei den Erwachsenen bleibt die Pulsfrequenz während der 4 Ruheminuten im wesentlichen unverändert. In

der 1. Arbeitsminute ist in allen drei Gruppen eine Pulsbeschleunigung von im Durchschnitt 10 Pulsen zu beobachten. Diese Beschleunigung ist statistisch signifikant. In den nächsten Arbeitsminuten ist keine einheitliche Tendenz festzustellen. Während bei den Mädchen ein weiterer geringfügiger Anstieg von im Mittel 2 Pulsschlägen bis zur 4. Arbeitsminute erkennbar wird, geht der Puls bei den Jungen und den Erwachsenen in der 2. und zum Teil auch noch in der 3. Arbeitsminute zurück, um in der letzten Minute dieses Arbeitsabschnittes wieder geringfügig anzusteigen. Die verhältnismäßig große Streuung bei den Erwachsenen (vgl. Tab. 2) läßt jedoch eine Aussage über die diesem Verlauf der Pulsfrequenz zugrunde liegenden Tatbestände nicht ohne weiteres zu.

In der darauf folgenden Pause von 30 Sekunden geht die Pulsfrequenz bei den Mädchen um durchschnittlich fast 10 Schläge zurück, bei den Jungen und den Erwachsenen um etwa 6 Schläge. Die Unterschiede zwischen Arbeitspuls und Erholungspuls sind bei den Mädchen signifikant, bei den Jungen wahrscheinlich signifikant und bei den Erwachsenen nicht mehr signifikant.

Im 2. Arbeitsabschnitt wird eine allerdings nur bei den Mädchen signifikante Pulsbeschleunigung registriert: in der 5. Arbeitsminute 7 Mehrpulse bei den Mädchen, ca. 4 Mehrpulse bei den Jungen und den Erwachsenen. Bis zum Ende dieses Abschnittes ist mit geringen Schwankungen ein weiterer geringfügiger Anstieg festzustellen. In der laut Versuchsanordnung nunmehr folgenden 2. Pause von 60 Sekunden Dauer nimmt die Anzahl der Pulse ab: bei den Mädchen um 10 (signifikant), bei den Jungen und den Erwachsenen um 4 bis 5 (nicht signifikant). In der ersten Minute des letzten Arbeitsabschnittes steigt die Herzschlagfolge bei den Mädchen um 9 Schläge (signifikant), bei den Jungen und den Erwachsenen um 4 Schläge im Mittel (nicht signifikant). Von da an macht sich wie bereits im 2. Arbeitsabschnitt eine weitere – nicht signifikante – Steigerung von 1 bis 2 Pulsschlägen bemerkbar.

Die 1. Minute der Erholungsphase zeigt bei den Mädchen einen Rückgang der Pulsfrequenz um 10 bis 11 Schläge. Bei den Jungen und den Erwachsenen ist mit einem Zurückgehen von 7 bis 8 Schlägen bereits der Durchschnitt der Ruhephase erreicht, während dies bei den Mädchen erst in der 2. Erholungsminute geschieht. Die Pulsverlangsamung in der 1. Erholungsminute ist bei den Mädchen sehr signifikant, bei den Jungen und den Erwachsenen wahrscheinlich signifikant.

Über die mittlere Anzahl der Mehrpulsschläge der Versuchsreihe I gegenüber Versuchsreihe II gibt Tab. 3 Auskunft.

Aus der Übersicht in Tab. 3 ist zu entnehmen, daß die Anzahl der Mehrpulsschläge in Versuchsreihe I bei den Jugendlichen im Mittel

Tab. 3
Mittlere Anzahl der Mehrpulsschläge der Versuchsreihe I gegenüber Versuchsreihe II
in den einzelnen Versuchsabschnitten

	Mädchen	Jungen	Erwachsene
Ruheabschnitt	6,7	5,7	1,6
1. Arbeitsabschnitt	6,0	6,2	4,6
2. Arbeitsabschnitt	4,2	5,8	3,3
3. Arbeitsabschnitt	3,8	4,8	3,9
Erholungsabschnitt	3,1	2,8	0,1

größer ist als bei den Erwachsenen. Diese Tatsache läßt darauf schließen, daß die Jungen und Mädchen in der ersten Versuchsreihe von der oben beschriebenen Erwartungsspannung und der Unsicherheit dem Versuch gegenüber mehr beeinflusst wurden als die Erwachsenen, die der Situation mit größerer Gelassenheit begegneten.⁴

Die mittlere Anzahl der Rechenoperationen in den einzelnen Arbeitsabschnitten und die dazugehörigen Streuungen haben wir in Tab. 4 zusammengefaßt.

Tab. 4
Mittlere Anzahl der Rechenoperationen und die dazugehörigen Streuungen in den
einzelnen Arbeitsabschnitten der Versuchsreihen I und II

		Versuchsreihe I			Versuchsreihe II		
		Mädchen	Jungen	Erwachsene	Mädchen	Jungen	Erwachsene
Additionen	1. Arbeitsabschnitt	93,6	107,4	152,6	134,0	143,3	198,0
	2. Arbeitsabschnitt	91,8	104,1	153,0	120,7	136,0	192,0
	3. Arbeitsabschnitt	94,4	105,6	158,6	124,7	137,0	189,6
Streuung	1. Arbeitsabschnitt	19,2	20,8	32,6	24,7	30,1	37,5
	2. Arbeitsabschnitt	15,7	20,3	30,4	22,4	24,3	35,2
	3. Arbeitsabschnitt	19,5	20,3	32,8	21,9	26,9	35,2

Wir entnehmen den Angaben in Tab. 4 insbesondere, daß die Jungen durchschnittlich mehr als die Mädchen und die Erwachsenen mehr als die Jugendlichen geleistet haben. Die Zunahme von der ersten zur zweiten Versuchsreihe liegt im Rahmen der Erwartung (Ulich 1958).

⁴ In diesem Zusammenhang ist natürlich auch auf den Einfluss der Übung hinzuweisen, die ebenfalls dazu beitragen dürfte, dass die Pulswerte in der zweiten Versuchsreihe niedriger liegen als in der ersten Versuchsreihe.

Schließlich haben wir versucht festzustellen, ob ein korrelativer Zusammenhang zwischen den Faktoren Arbeitspulsfrequenz und Arbeitsleistung besteht, d. h. ob beispielsweise einer hohen Leistung im Rechentest eine höhere Arbeitspulsfrequenz entspricht. Um die individuell sehr verschiedenen Größen miteinander vergleichen zu können, wurden die jeweiligen Mittelwerte der sechs Arbeitsabschnitte beider Versuchsreihen als prozentuale Abweichung vom Gesamtmittel aus diesen Abschnitten ausgedrückt. Die Berechnung der Korrelation zwischen Pulsfrequenz und Arbeitsleistung erfolgte als Rangkorrelation nach der Formel

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum (R_x - R_y)^2}{N(N^2 - 1)}$$

Das Ergebnis dieser Korrelationsrechnung haben wir in Tab. 5 dargestellt.

Tab. 5

Korrelationen zwischen Arbeitspulsfrequenz und Rechenleistung in den einzelnen Versuchsabschnitten

	Versuchsreihe I	Versuchsreihe II
1. Arbeitsabschnitt	$\rho = -0,21$	$\rho = 0,04$
2. Arbeitsabschnitt	$\rho = -0,11$	$\rho = -0,15$
3. Arbeitsabschnitt	$\rho = -0,01$	$\rho = -0,20$

Tab. 5 zeigt deutlich, daß keine gegenseitige Abhängigkeit von Arbeitspulsfrequenz und Umfang der geleisteten Arbeit besteht.

V. DISKUSSION

Nach der vorher erfolgten Beschreibung der Untersuchungsergebnisse sind wir nunmehr in der Lage, die früher erwähnten Fragestellungen zumindest teilweise zu beantworten und zu diskutieren.

1. Unsere Versuchsreihe I zeigt eine deutliche Übereinstimmung mit der Angabe von Gillespie (1924), wobei in unseren Versuchen die maximale Herzschlagfolge im allgemeinen allerdings bereits in der 1.

Arbeitsminute registriert wurde. Die Tatsache, daß in Versuchsreihe II ein derartiger Verlauf nicht mehr einheitlich festzustellen ist, scheint dafür zu sprechen, daß das von Gillespie beschriebene Phänomen in erster Linie auf »Erwartungsspannung« bzw. »Initialspannung« und vielleicht auch Unsicherheit der unbekanntens Versuchssituation gegenüber zurückzuführen ist. Es scheint sich hier um ein Konglomerat psychischer Phänomene zu handeln, die im einzelnen nur schwer voneinander zu trennen oder gar zu messen sind.

2. Versuchsreihe II zeigt, daß die Pausen von 30 bzw. 60 Sekunden Dauer bereits zu einem Abfall der Pulsfrequenz bis in die Nähe der Ruhewerte führt. Diese Tatsache entspricht deutlich dem Verhalten der Pulsfrequenz in der Erholungsphase. Ebenso deutlich ist allerdings auch, daß der Einfluß der Pausen auf den nachfolgenden Arbeitsabschnitt allenfalls in der 1. Minute (und auch hier nicht signifikant) wirksam ist. Bereits in der 2. Minute ist im Mittel jeweils der durchschnittliche Arbeitspuls des vorangegangenen Arbeitsabschnittes wieder erreicht. Auf die Leistung hatten die Pausen offenbar keinerlei Einfluß (vgl. Tab. 4). Möglicherweise würde sich eine Pausenwirkung erst bei länger dauernder Arbeit und dadurch entstehender größerer Ermüdung als leistungssteigernd erweisen.

3. Bei der Beantwortung der Frage nach eventuellen geschlechtspezifischen Unterschieden ist zu bedenken, daß eine Differenzierung nach Körpergröße, Körpergewicht und Körperoberfläche – die nach Rutenfranz und Hettinger (1959) bei der Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit zu berücksichtigen sind – nicht im Rahmen unserer Möglichkeiten lag. Dennoch ergeben sich in der zweiten Versuchsreihe zwischen den von uns untersuchten Jungen und Mädchen einwandfreie Unterschiede, während in Versuchsreihe I keine bedeutsamen Unterschiede beobachtet werden konnten – von der allgemein höheren Pulsfrequenz der Mädchen gegenüber den Jungen abgesehen, die einer bekannten Gesetzmäßigkeit entspricht.

In Versuchsreihe II zeigten die Mädchen jeweils eine signifikant stärkere »Reaktion« als die Jungen, deren Pulsverhalten eher dem der Erwachsenen glich. Dies betrifft die Verlangsamung der Herzschlagfolge in den beiden Arbeitspausen ebenso wie ihre Beschleunigung in der 5. und 9. Arbeitsminute. Wenn auch andere Autoren wie Åstrand (1952), Nöcker und Böhlau (1955), Kirchhoff, Reindell und Hauswaldt (1958) sowie Rutenfranz und Hettinger (1959) bei körperlicher Beanspruchung bei Jungen ein besseres Leistungsverhalten als bei Mädchen fanden, so ist die in unserer Versuchsreihe II gezeigte stärkere Pulsreaktion der Mädchen damit doch nicht erklärbar. Wir hatten darum zunächst angenommen, daß die Jungen vielleicht auch während der Pausen unter einer stärkeren psychischen Spannung durch größeren

Leistungsehrgeiz gestanden hätten als die Mädchen. Ein Vergleich der Arbeitsleistungen beider Gruppen (Tab. 4) ergibt jedoch – insofern die Leistung überhaupt ein geeignetes Kriterium hierfür ist – keine Bestätigung unserer Annahme. Eine ausreichende Erklärung für den beschriebenen Tatbestand haben wir nicht gefunden.⁵

Die uneinheitlich Zusammensetzung der Erwachsenengruppe, die sowohl aus weiblichen als auch aus männlichen Personen besteht und schon deshalb uneinheitlich Tendenzen vor allem im Pulsverhalten zeigt (daher die große Streuungsbreite) erschweren einen Vergleich. Zu diesem Zweck wäre es notwendig gewesen, Mädchen mit weiblichen Erwachsenen und Jungen mit männlichen Erwachsenen zu vergleichen. Eine Aufgliederung unserer Erwachsenengruppe, die wir versucht haben, führt jedoch zu sehr kleinen und für unsere Zwecke nicht mehr brauchbaren Vergleichsgruppen. So kann lediglich festgestellt werden, daß sich im Gruppenvergleich für die Erwachsenen bei niedrigster Pulsfrequenz die höchste Leistung ergab, bei den Mädchen dagegen bei geringster Leistung die höchste Pulsfrequenz.

ZUSAMMENFASSUNG

Veränderungen der Pulsfrequenz bei einfachen kurzzeitigen Konzentrationsleistungen wurden an 15 Mädchen, 15 Jungen und 15 Erwachsenen in insgesamt 90 Einzelversuchen untersucht. Die Beobachtung anderer Autoren über eine Pulsbeschleunigung bei einfach strukturierter geistiger Arbeit konnte bestätigt werden. Das Maximum der Pulsfrequenz wurde bei unbekannter Situation (Versuchsreihe I) in der 1. Arbeitsminute erreicht. Die hier wirksame »Erwartungsspannung« zeigte sich bei unbekannter Situation (Versuchsreihe II) nicht mehr.

Die in Versuchsreihe II eingefügten Pausen von 30 bzw. 60 Sekunden Dauer hatten einen geringfügigen physiologischen Erholungswert, jedoch keinerlei Einfluß auf den Umfang der geleisteten Arbeit.

In Versuchsreihe I ergaben sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede; in Versuchsreihe II »reagierten« die Mädchen signifikant stärker als die Jungen, deren Pulsverhalten eher dem der Erwachsenen glich. Durchgängige Unterschiede zwischen Jugendlichen und Erwachsenen ließen sich nur insofern feststellen, als die Erwachsenen im Mittel die höchste Leistung bei niedrigster Pulsfrequenz zeigten.

Die Berechnung einer Rangkorrelation zwischen Arbeitspulsfrequenz und Rechenleistung zeigte keinerlei Abhängigkeit beider Größen voneinander.

⁵ Auch in den Untersuchungen von Gillespie (1924) zeigte sich übrigens bei den weiblichen Versuchspartnern ein höherer Arbeitspuls als bei den männlichen, ohne dass eine ausreichende Erklärung dafür gefunden wurde.

Literatur

- (1) *Arnold, W. und R. Pauli*: Der Pauli-Test, 3. Aufl. München 1960.
- (2) *Åstrand, P. O.*: Experimental Studies of Working Capacity in Relation to Sex and Age. Copenhagen 1952.
- (3) *Bartenwerfer, H.*: Über die Auswirkungen einförmiger Arbeitsvorgänge, Untersuchungen zum Monotonieproblem. Sitz.-Ber. d. Gesellsch. z. Beförd. d. ges. Naturwiss. 80, 1957.
- (4) *Bartenwerfer, H.*: Herzrhythmik-Merkmale als Indikatoren psychischer Anspannung. Psychologische Beiträge 4, 1960.
- (5) *Bartenwerfer, H.*: Untersuchung und Beurteilung der psychischen Beanspruchung. Zbl. Arb. wiss. 14, 1960.
- (6) *Bartenwerfer, H.*: im Druck.
- (7) *Brahn, M.*: Experimentelle Beiträge zur Gefühlslehre. Wundt's philosophische Studien 18, 1903.
- (8) *Gent, W.*: Volumpulskurven bei Gefühlen und Affekten. Wundt's philosophische Studien 18, 1903.
- (9) *Gillespie, R. D.*: The Relative Influence of Mental and Muscular Work on the Pulse-rate and Blood-Pressure. J. Physiol. 58, 1924.
- (10) *Graf, O.*: Über lohnendste Arbeitspausen bei geistiger Arbeit. Psychologische Arbeiten 7, 1922.
- (11) *Graf, O.*: Über die Wirkung mehrfacher Arbeitspausen bei geistiger Arbeit. Psychol. Arb. 9, 1925.
- (12) *Graf, O.*: Die Arbeitspausen in Theorie und Praxis. Psychol. Arb. 9, 1927.
- (13) *Kelchner, M.*: Die Abhängigkeit der Atem- und Pulsveränderung vom Reiz und vom Gefühl. Archiv. Ges. Psychologie, 5, 1905.
- (14) *Kirchhoff, H. W., Reindell, H. und Ch. Hauswaldt*: Untersuchungen zur Beurteilung der Leistungsbreite im Reifungsalter. Zschr. Kinderheilkunde 81, 1958.
- (15) *Koller, S.*: Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. 3. Aufl. Darmstadt 1953.
- (16) *Kraepelin E.*: Die Arbeitskurve. Wundt's philosophische Studien 19, 1902.
- (17) *Lehmann A.*: Körperliche Äusserungen psychischer Zustände. Leipzig 1899/1901.
- (18) *Leschke, E.*: Die körperlichen Begleiterscheinungen seelischer Vorgänge. Archiv Ges. Psychologie 21, 1911.
- (19) *Leschke, E.*: Die Ergebnisse und die Fehlerquellen der bisherigen Untersuchungen über die körperlichen Begleiterscheinungen seelischer Vorgänge. Archiv Ges. Psychologie 31, 1914.
- (20) *Luff, K.*: Die physische und psychische Belastung im Strassenverkehr; in: Aktuelle Probleme der Verkehrsmedizin 1, 1959.
- (21) *Luff, K. und G. Bohné*: Die Pulsfrequenz als Indikator des alkoholbedingten Leistungsabfalls bei psychotechnischen Versuchen. Ärztl. Wochenschr. 9, 1954.
- (22) *Nöcker, J. und V. Böhlau*: Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit von Alter und Geschlecht. Münchener Med. Wochenschr. 97, 1955.
- (23) *Pauli, R.*: Beiträge zur Kenntnis der Arbeitskurve. Archiv Ges. Psychologie 97, 1936.
- (24) *Rutenfranz, J.*: Über das Verhalten der Pulsfrequenz bei Arbeit unter Zeitdruck. Int. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 18, 1960.

(25) *Rutenfranz, J.*: Hellbrügge, Th., Stehr, K., Hocke, Ch. und R. Hocke: Über den Einfluss des Filmlebens auf das Pulsverhalten von Kindern. *Zeitschr. Kinderhk.* 84, 1960.

(26) *Rutenfranz, J.*: Untersuchungen über die Abhängigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit von Lebensalter, Geschlecht und körperlicher Entwicklung. *Zeitschr. Kinderhk.* 83, 1959.

(27) *Ulich, E.*: Neue Erfahrungen mit dem Pauli-Test. *Zeitschr. Exp. u. Angew. Psychol.* 5, 1958.

(28) *Ulich, E.*: im Druck.

(29) *Weber, E.*: Der Einfluss psychischer Vorgänge auf den Körper. Berlin 1910.

(30) *Wundt, W.*: Physiologische Psychologie. 6. Aufl., Band II/2 Leipzig 1910.

(31) *Zoneff, P.* und *E. Meumann*: Über Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge in Athem und Puls. *Wundt's Philosophische Studien* 18, 1903.

Sadržaj

PROMJENA PULSA KOD KRATKOTRAJNIH MENTALNIH RADOVA

Na 15 mladića, 15 djevojaka i 15 odraslih mjerili su autori promjene pulsa do kojih dolazi u toku kratkotrajnog računanja. Potvrdili su opažanja nekih drugih autora, da u toku takvog rada dolazi do ubrzanja pulsa. Ako se u toku rada uvedu kratke pauze, to dovodi do izvjesnog fiziološkog oporavka, ali u radnom učinku nisu opažene promjene. Izvjesne razlike opažene su među dječacima i djevojčicama, kao i između mladih i starijih ispitanika. Nije nađena nikakva zavisnost između radnog pulsa i radnog učinka u računanju.

*Psychologisches Institut der Universität zu München,
München*

Prüfungsamt 15. III. 1961.

1847

1848

1849

1850

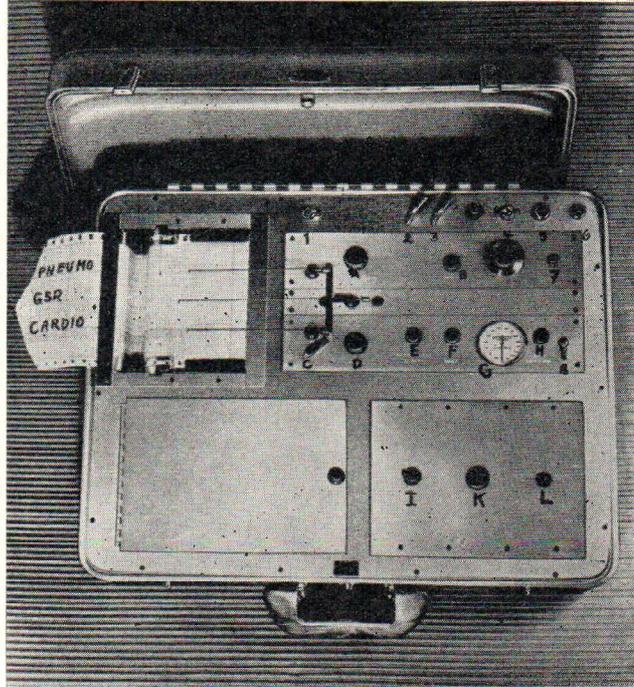


Abb. 1 – Deceptograph 22500 der C. H. Stoelting Company (Beschreibung im Text)

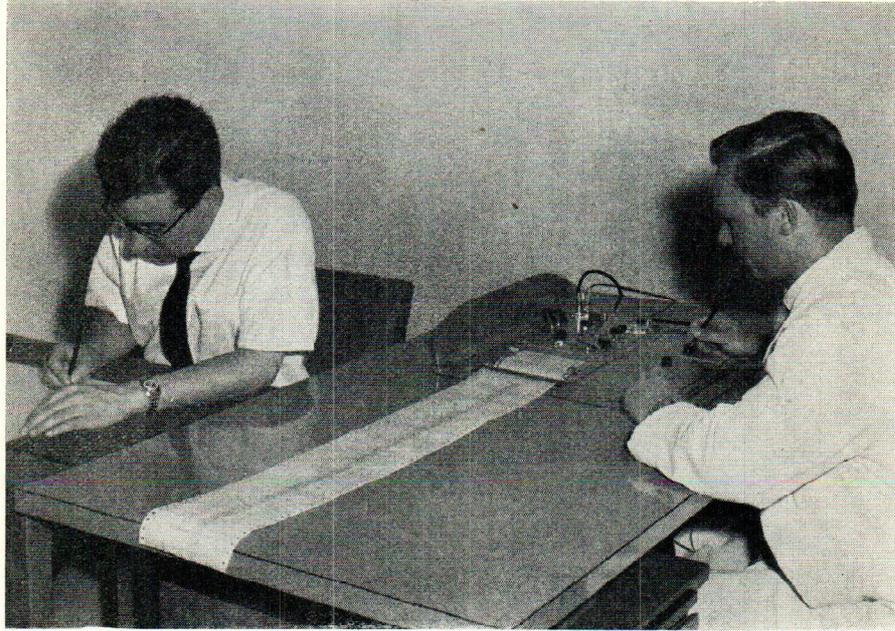


Abb. 3 - Räumliche Anordnung im Untersuchungsraum