

Über Widerstand und Potentialdifferenz bei dem psychogalvanischen Reflex.

Von
W. Einthoven und J. Roos.

(Aus dem Physiologischen Laboratorium der Universität Leiden.)

Mit 11 Textabbildungen.

(Eingegangen am 10. März 1921.)

Schon die Entdecker¹⁾ der psychogalvanischen Reflexerscheinung, von denen wir besonders Tarchanoff²⁾ und Veraguth³⁾ hervorheben, beschäftigten sich mit der Frage, welche physikalischen Veränderungen im menschlichen Körper den elektrischen Strom hervorriefen, den sie in ihren Meßinstrumenten entstehen sahen. Spätere Forscher haben sich mit derselben Frage häufig beschäftigt. Während viele von ihnen glauben, daß sowohl die Schwankung der elektrischen Spannung als auch die Widerstandsänderung die Erscheinung hervorbringen kann, haben sie sich aber nicht damit befaßt, diese beiden Ursachen voneinander zu trennen und den Einfluß jeder einzelnen zu messen⁴⁾. Am ausführlichsten sind Wertheim Salomonson⁵⁾ und Gildemeister⁶⁾, die aber zu entgegengesetzten Resultaten gelangen.

Während Gildemeister hauptsächlich auf eine Abnahme der Polarisation schließt, glaubt Wertheim Salomonson, daß die Hauptursache eine Widerstandsänderung sei, die von einer Schwankung, und zwar besonders von einer Zunahme der Polarisation begleitet ist.

¹⁾ Ein ausführliches Literaturverzeichnis, den psychogalvanischen Reflex im allgemeinen betreffend, findet man im Aufsatz von A. A. Grünbaum, Het psychogalvanisch reflexverschijnsel en zijn psychodiagnostische waarde. Ned. Tijdschr. v. Geneesk. **1**, 1044. 1920.

²⁾ J. Tarchanoff, Über die galvanischen Erscheinungen in der Haut des Menschen bei Reizungen der Sinnesorgane und bei verschiedenen Formen der psychischen Tätigkeit. Arch. f. d. ges. Physiol. **46**. 1890.

³⁾ O. Veraguth, Das psychogalvanische Reflexphänomen. Monatsschr. f. Psych. u. Neurol. **31** und **33**. 1907 und 1909.

⁴⁾ Siehe z. B. K. J. Bult, Inaug.-Diss. Groningen 1909.

⁵⁾ Wertheim Salomonson, Bijdrage tot de kennis van het Psychogalvanisch reflexverschijnsel. Versl. Wis- en Natuurk. Afd. Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam, Dl. XXIV, 2, S. 997.

⁶⁾ M. Gildemeister, Der sogenannte psychogalvanische Reflex und seine physikalisch-chemische Deutung. Arch. f. d. ges. Physiol. **162**, 489. 1915.

Wir haben versucht, zwei physikalische Ursachen oder besser gesagt, zwei Gruppen solcher, voneinander getrennt zu beobachten und zu messen. Einerseits die Entwicklung von Potentialunterschieden, wie wir sie beispielsweise bei der Nervenleitung, der Muskelkontraktion, der Retinafunktion usw. kennen, und die im Ekg eine anerkannte klinische Bedeutung erhalten haben, andererseits eine Änderung des elektrischen Leitungswiderstandes, die von einer Polarisationsänderung begleitet wird. Die beiden letzteren Erscheinungen sind eng miteinander verbunden, denn Widerstands- und Polarisationsänderung sind die Folgen einer und derselben Ursache.

Wir bemerken, daß beide sich immer in derselben Richtung bewegen. Eine Zunahme der Ionenkonzentration ruft eine Abnahme des Widerstandes und der Polarisation hervor, während umgekehrt beide zunehmen, wenn die Ionenkonzentration abnimmt. Für eine weitere Analyse des Widerstandes und der Polarisation weisen wir auf eine ausführliche Untersuchung hin, die im hiesigen Laboratorium vorgenommen wurde und binnen kurzem veröffentlicht werden wird. In diesem Aufsatz werden wir hingegen nicht versuchen, sie voneinander getrennt zu betrachten, sondern immer ihren gesamten Einfluß messen. Den so erhaltenen Betrag stellen wir alsdann dem durch Potentialschwankung hervorgerufenen Einfluß gegenüber.

Die Schwankung der elektromotorischen Kraft kann man leicht isoliert hervorbringen. Man braucht nur dafür zu sorgen, daß der meistens vorhandene Potentialunterschied zwischen den beiden mit dem Galvanometer verbundenen Ableitungsstellen der Versuchsperson genau kompensiert wird. Diese Methode, welche bereits Tarchanoff angewandt hat, ist in der elektrophysiologischen Technik und bei der klinischen Elektrokardiographie allgemein üblich und braucht also nicht weiter beschrieben zu werden. Wir werden die dabei hervortretende Erscheinung die *E*-Erscheinung, und die bezüglichen Kurven *E*-Kurven nennen.

Abb. 1 stellt ein Beispiel einer *E*-Kurve dar.

Diese erhielt man bei J. v. D., dessen Daumen mit dem einen, und dessen kleiner und Ringfinger derselben Hand mit dem anderen Pol des Galvanometers in leitende Verbindung gebracht wurde. *T* ist der Sekundenschreiber, *G* das Saitenbild und *S* das Signal. Die Empfindlichkeit des Galvanometers ist wie sie beim Registrieren des Ekg üblich ist, nämlich 1 Skalenteil Ausschlag stimmt mit 10^{-4} Volt Potentialschwankung überein. Bei *P* wird ein Gehörreiz angebracht, auf den die Versuchsperson mit einem Reflex reagiert: nach einer Latenzperiode von der Größenordnung von ein paar Sekunden wird der Daumen den beiden anderen Fingern gegenüber negativ, und zwar zum Betrage von 1,2 Millivolt.

Die Kurven haben nicht immer die gleichmäßige Form wie in Abb. 1. Zuweilen beobachtet man einen negativen, ein anderes Mal einen positiven Vorschlag. Ersterer ist in Abb. 2, letzterer in Abb. 3 abgebildet.

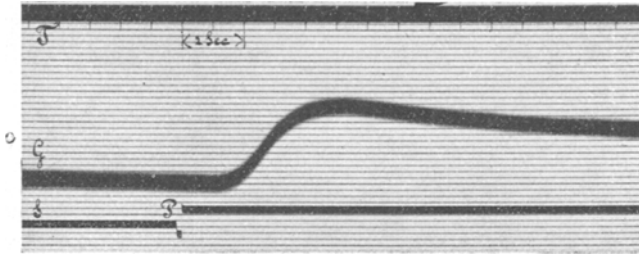


Abb. 1. E-Kurve. Versuchsperson J. v. D. Eine Elektrode am Daumen, die andere am kleinen und am Ringfinger derselben Hand. Wird der Daumen negativ, so bewegt sich das Saitenbild aufwärts. T = Zeitlinie, G = Galvanometerkurve, S = Signal. Bei P wird ein Gehörreiz gegeben ¹⁾. Ordin. 1 Skalenteil = 10^{-4} Volt.

In beiden Abb. ist die Empfindlichkeit des Galvanometers ebenso groß wie in Abb. 1. In Abb. 2, welche man bei B o. erhalten hat, sind die Ableitungsstellen dieselben wie in der vorigen Abb., während in Abb. 3, die man bei S. d. H. registrierte, von zwei Stellen eines selben Unterarmes abgeleitet wurde. Der aufwärts gerichtete Ausschlag des

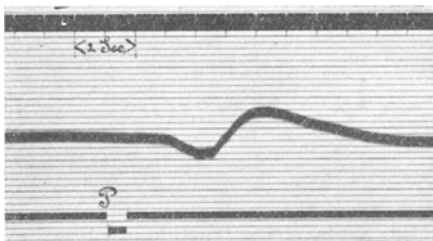


Abb. 2. E-Kurve mit negativem Vorschlag. Versuchsperson B o. Übrigens wie in Abb. 1.

Saitenbildes entspricht hier einer Negativität der unteren Ableitungsstelle hinsichtlich der oberen.

Schwieriger ist es, Kurven zu registrieren, in welchen eine reine Änderung von Widerstand + Polarisation ohne Schwankung der elektromotorischen Kraft zutage tritt. Man kann aber doch annähernd das Ziel

wohl erreichen, wenn man nur an die Genauigkeit der absoluten Werte keine allzu hohen Forderungen stellt. Diese Art von Kurven wollen wir mit W bezeichnen.

Eine Stromquelle von 10 Volt wird mittels eines Extrawiderstandes von 100 000 Ohm mit den beiden Stellen des menschlichen Körpers verbunden, die zum Galvanometer abgeleitet sind. Der Strom durch das Galvanometer selbst wird in bekannter Weise kompensiert.

¹⁾ Die Photogramme sind auf $\frac{4}{5}$ der ursprünglichen Größe verkleinert worden. Die Buchstaben haben in allen dieselbe Bedeutung.

Das Schema in Abb. 4 erläutert die Schaltung. Der vom Hauptstrom eingeschlagene Weg, der in der Abb. durch eine starke Linie angegeben ist, geht von der 10 Voltbatterie durch R_1 , R_2 und den menschlichen Körper. R_1 ist ein konstanter Widerstand von 100 000 Ohm, während R_2 regulierbar ist.

An die Punkte A und B wird eine Nebenleitung geschaltet, die außer dem Galvanometer eine rechts unten angegebene Vorrichtung enthält, womit man auf übliche Weise den Galvanometerstrom kompensieren kann. Solange dieser noch nicht kompensiert ist, kann er mittels eines Widerstandes in Serie, R_3 , und eines Nebenschlusses, N_2 , willkürlich abgeschwächt werden. R_2 dient um den Einfluß einer Widerstandsänderung des menschlichen Körpers auf die Größe des Galvanometerausschlages zu untersuchen. S ist ein Schalter und R_5 ein

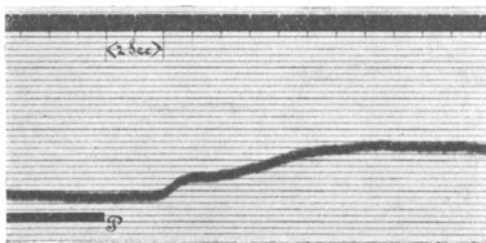


Abb. 3. E-Kurve mit positivem Vorschlag. Versuchsperson S. d. H. Ableitung von zwei Stellen eines Unterarmes. Übrigens wie Abb. 1.

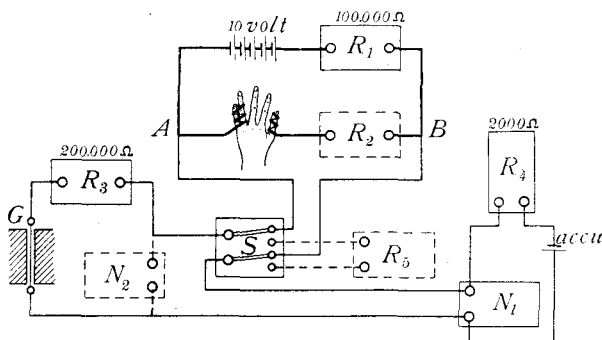


Abb. 4. Versuchsanordnung. Der Hauptstrom, der durch den Körper geführt wird, ist durch eine starke Linie angegeben. Während der Aufnahme einer Kurve wird R_2 auf 0 gestellt und sind N_2 und R_5 ausgeschaltet.

Rheostat, der gebraucht wird, den Körperwiderstand mittels des Substitutionsverfahrens zu messen. Bei einer derartigen Messung kann man N_2 benützen; während des Registrierens sind R_5 und N_2 jedoch ausgeschaltet und steht R_2 auf 0.

Der ps.-g. Reflex ruft eine Widerstandsänderung hervor, welche in Vergleichung mit den 100 000 Ohm von R_1 nur klein ist und eine Potentialschwankung, die gegen die elektromotorische Kraft der 10-Volt-

batterie verschwindet. Dadurch ist er kaum imstande, die Hauptstromstärke durch den Körper zu beeinflussen. Wir wollen dies mit einigen Zahlen näher erläutern.

Wir messen z. B. in der Hand einen Widerstand von 4400 Ohm, der durch den ps.-g. Reflex auf 4000 Ohm herabsinkt. Der durch die Hand geleitete Strom nimmt hierdurch im Verhältnis von 104 000 bis 104 400, das ist also mit nur etwa 0,4%, zu.

Entwickelt sich eine elektromotorische Kraft oder tritt infolge veränderter Polarisierung eine Spannungsschwankung von ein paar Millivolt hervor, so hat dies eine Änderung der Stromstärke von nur 0,02% zur Folge.

Selbstverständlich hätten wir eine noch größere Konstanz des Körperstromes erreichen können, wenn wir die 10-Voltbatterie durch eine stärkere ersetzt hätten; für unseren Zweck war dies jedoch unnötig, da wir wohl annehmen dürfen, daß unter unseren Versuchsbedingungen der Körperstrom praktisch schon unveränderlich ist.

Von einigen Forschern ist behauptet worden, das Saitengalvanometer sei zum Messen des ps.-g. Reflexes ungeeignet. Aber diese Annahme findet in der Anwendung einer unzweckmäßigen Anordnung, bei welcher die Änderung des Körperstromes direkt gemessen werden mußte, ihren Grund. Bedient man sich einer zweckmäßigen Schaltung, so wird wohl kein Galvanometer den Reflex einfacher, sicherer und genauer messen können als eben das Saiteninstrument. Diesbezüglich weisen wir noch auf einige praktische Resultate hin, die schon früher Dr. van Iterson¹⁾ auf otologischem Gebiet und bei der Stellung von Simulanten erhalten hat.

In Abb. 5 geben wir ein Beispiel einer *W*-Kurve, die bei derselben Person J. v. D. und am selben Tage wie Abb. 1 registriert wurde, während auch die Ableitungsstellen unverändert geblieben sind. Zwischen beiden Aufnahmen haben wir einige Minuten verstreichen lassen in der Absicht, bei dem zweiten Experiment möglichst frei von einer eventuellen Nachwirkung des ersten zu sein. Auch hier wurde wieder akustisch gereizt.

Der Widerstand der Hand betrug 4200 Ohm. Die Empfindlichkeit des Galvanometers war derart geregelt, daß 1 Skalenteil Ausschlag aufwärts mit 20 Ohm Widerstandsabnahme übereinstimmte, so daß der totale Ausschlag von 20,4 Skalenteilen, wenn er ganz auf Rechnung der Widerstandsänderung gestellt werden darf, eine Abnahme von 408 Ohm dartut.

Jedoch gibt die *W*-Kurve den *W*-Effekt nicht vollkommen rein wieder, denn dieser kann ja mit einer Schwankung der elektromotori-

¹⁾ C. J. A. van Iterson, *Psychic-Galvanic-Reflex-phenomenon in ear-examination*. Acta Oto-Laryngologica. 2, 174. 1920.

sehen Kraft kombiniert sein. Ist dies der Fall, so entspricht 2 Millivolt Spannungsunterschied einem Ausschlag von 1 Sk.

Die Eichung des von der Widerstandsänderung erzeugten Einflusses geschieht, wie oben schon erwähnt, mit Hilfe von R_2 , die Eichung des von einer Schwankung der elektromotorischen Kraft hervorgerufenen Einflusses mit Hilfe von N_1 .

Nehmen wir an, daß tatsächlich gleichzeitig mit einer Widerstandsänderung eine Variation der elektromotorischen Kraft durch Entwicklung eines E -Effektes stattgefunden hat, und daß der E -Effekt in beiden Versuchen bei dieser Person gleich groß war, so beträgt nach den Angaben von Abb. 1 die Ungenauigkeit der W -Kurve 1,23 Millivolt entsprechend 0,61 Sk. oder etwa 3%.

Verlangen wir für unsere Ergebnisse keine größere Genauigkeit als letztgenannten Betrag, so können wir also nicht nur in der E -Kurve

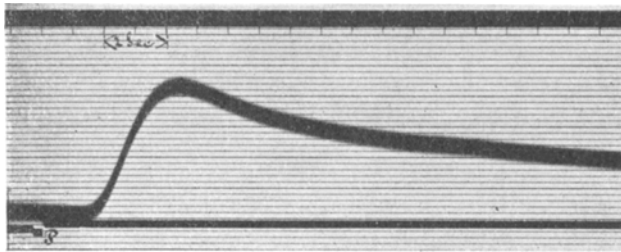


Abb. 5. W -Kurve. Dieselbe Versuchsperson bei derselben Stromableitung wie in Abb. 1. Bei Abnahme des Körperwiderstandes schlägt das Saitenbild aufwärts aus. Ordin. 1 Sk. entspricht einer Widerstandsveränderung von 20 Ohm.

den reinen E -Effekt, sondern auch in der W -Kurve den reinen W -Effekt kennen lernen.

Die Abänderung, die in der Schaltung vorgenommen werden muß, um nachdem eine W -Kurve registriert worden ist, eine E -Kurve zu schreiben und umgekehrt, ist innerhalb weniger Sekunden ausgeführt. Zum Schreiben einer E -Kurve braucht man nur die Verbindung mit der 10-Voltbatterie und R_1 zu öffnen, während man den Galvanometerausschlag vergrößert, indem man R_3 auf 0 setzt.

Der W -Effekt findet stets im selben Sinne statt. Er bedeutet eine Herabsetzung des Hautwiderstandes, wodurch das Saitenbild des Galvanometers immer in dieselbe Richtung — bei unseren Versuchen immer aufwärts — versetzt wird. Der E -Effekt hingegen nimmt je nach den Ableitungsstellen einmal diese, ein andermal wieder eine andere Richtung an. Will man also die W -Kurve von dem darin vorhandenen geringen E -Effekt freimachen, so muß man den Ausschlag bald etwas vergrößern, bald verkleinern.

In den Abb. 6, 7 und 8 sieht man zwei *W*-Kurven und eine *E*-Kurve abgebildet, welche mit je einigen wenigen Minuten Zwischenraum bei der Versuchsperson Be aufgenommen wurden. In den beiden *W*-Kurven von Abb. 6 und 7 entspricht 1 Sk. Ordinaten einer Widerstandsänderung von 20 Ohm, während derselbe Ausschlag des Saitenbildes

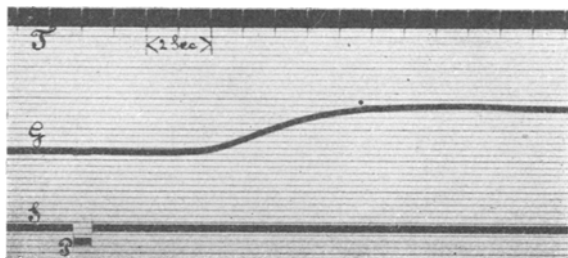


Abb. 6. *W*-Kurve. Versuchsperson Be. Übrigens wie in Abb. 5. Widerstandsabnahme und Potentialschwankung wirken in dieselbe Richtung.

auch durch 2 Millivolt Spannungsunterschied hervorgerufen werden kann. In der *E*-Kurve von Abb. 8 entspricht 1 Sk. Ordinaten einem Spannungsunterschied von 0,1 Millivolt.

Bei allen drei Abb. geschieht die Ableitung von Daumen und kleinem Finger einer selben Hand, aber in Abb. 7 ist der Strom durch den Körper anders gerichtet wie in den Abb. 6 und 8, oder — mit anderen Worten

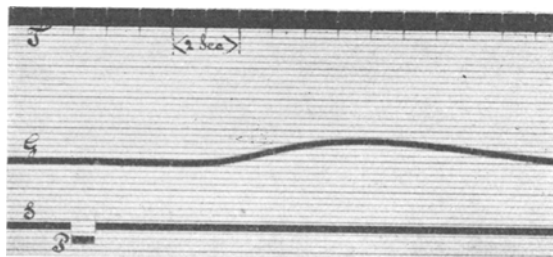


Abb. 7. Wie die vorige Abbildung. Die Stromrichtung durch den Körper ist aber umgekehrt. Widerstandsabnahme und Potentialschwankung wirken in entgegengesetzter Richtung.

— bei Abb. 7 sind Daumen und kleiner Finger im Kreise miteinander verwechselt. Hierdurch muß die *W*-Kurve der Abb. 6 einen Ausschlag zeigen, der durch den *E*-Effekt vergrößert wird, während dieser selbe Effekt den Ausschlag der Abb. 7 verkleinern muß. Tatsächlich ist der Ausschlag in Abb. 6 auch größer als in Abb. 7, aber der Unterschied stimmt nicht schön mit dem aus dem Ausschlag von Abb. 8 zu berechnenden Betrag überein. Der wirkliche Unterschied beträgt 3,5 Sk., während der berechnete Unterschied nur 0,55 Sk. hätte betragen sollen. Dies

braucht uns aber nicht zu wundern, da ja der ps.-g. Reflex für genaue Messungen nicht konstant genug ist. Mit der Wiedergabe der drei letzten Kurven beabsichtigen wir denn auch nur, bequem darzulegen, auf welche Weise der *E*-Effekt die *W*-Kurven beeinträchtigen kann.

Bei einer Anzahl von Versuchspersonen registrierten wir die *E*- sowie die *W*-Kurve, und gewöhnlich verhielten diese sich so, wie wir oben beschrieben haben, nämlich daß die Ungenauigkeit, die durch das Auftreten eines *E*-Effektes in der *W*-Kurve hervorgerufen wird, 3 bis 5% beträgt.

Es gibt jedoch Ausnahmen, die so schlagend sind, daß sie nicht durch die geringe Konstanz der Erscheinung im allgemeinen erklärt werden können. Wir verfügen doch über einige Beobachtungen, die

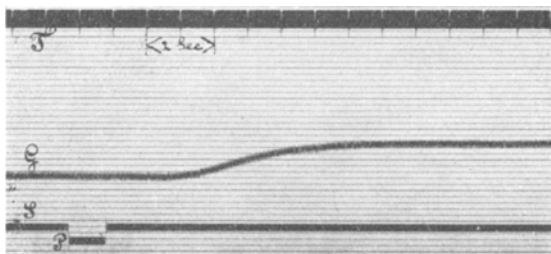


Abb. 8. *E*-Kurve bei derselben Versuchsperson und bei derselben Stromableitung wie in den beiden vorigen Abbildungen. Wird der Daumen negativ, so schlägt das Saitenbild aufwärts aus. Ordin. 1 Sk. = 10^{-4} Volt.

zweifellos darauf hinweisen, daß es Personen gibt, bei denen die *E*-Erscheinung deutlicher hervortritt als der *W*-Effekt, ja bei denen letzterer sogar ganz fehlen kann. So wurden beim Patienten K. nacheinander *E*-, *W*-, *E*-, *W*-Aufnahmen gemacht, welche jedesmal die *E*-Effekte als große Ausschläge hervortreten ließen, während die *W*-Ausschläge gar nicht oder kaum wahrnehmbar waren.

Wenn auch nicht mit derselben Klarheit wie bei K., so wurde doch eine ähnliche Beobachtung bei noch einer anderen Versuchsperson gemacht. Aus diesen Ergebnissen ist man geneigt, die Schlußfolgerung zu ziehen, daß die *W*- und *E*-Erscheinungen verschiedenen Ursprungs sind. Erstere könnte mit der Funktion bestimmter Organe, letztere vielleicht mit der anderer Organe in der Haut zusammenhängen. Außer an die Schweißdrüsen denken wir hierbei an die Talgdrüsen, die Hautpapillen, die Nervenendorgane usw. Wir wollen jedoch dabei darauf aufmerksam machen, daß die Erscheinungen, wie wir sie bei den Personen K. und H. wahrgenommen haben, bei keiner der übrigen Versuchspersonen beobachtet wurden.

Unterscheiden sich die *W*- und die *E*-Kurven durch Form oder Latenzzeit voneinander? Diese Frage ist der geringen Konstanz der Erscheinung wegen nicht leicht zu beantworten. In einigen Kurven wird nach dem Ausschlag die Nulllinie zwar eher wieder erreicht als bei anderen, im allgemeinen jedoch stimmt die Form der verschiedenen Kurven ungefähr überein, während die Latenzzeiten, welche bei allen Kurven ausnahmslos eine oder mehrere Sekunden betragen, von uns nicht systematisch mit der erforderlichen Genauigkeit gemessen wurden.

Außer den oben schon genannten Ursachen des Reflexes können noch andere im Spiel sein, und besonders muß die Möglichkeit erwogen werden, ob vielleicht eine Variation der Blutfüllung beim Zustandekommen der Erscheinung eine Rolle spielt. Zu dieser Voraussetzung wurden wir durch einige Kurven veranlaßt, worin der Puls sichtbar war (s. z. B. Abb. 3). Schon bald aber stellte sich heraus, daß weder ein *E*- noch ein *W*-Effekt durch Veränderung der Blutfüllung an und für sich hervorgebracht wird. Die in den Kurven sichtbaren, mit dem Rhythmus des Pulses übereinstimmenden Zacken treten nämlich ausschließlich dann hervor, wenn man unzuweckmäßige Elektroden anwendet. Sind diese ungeeignet, so können sie sich bei jedem Pulsschlag über die Haut bewegen, und auf den Berührungsstellen unmittelbar einen Spannungsunterschied und eine Widerstandsänderung hervorrufen.

Die Abb. 9 und 10 zeigen zwei Kurven, die wir erhielten, indem wir feuchte Metallplatten mit zwei Stellen der Unterarmhaut verbunden

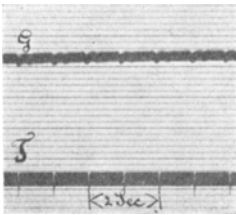


Abb. 9. Der Puls ist sichtbar bei Aufnahme mit der *W*-Schaltung. Versuchsperson d. N. Ableitung mittels feuchter Metallplatten, welche direkt mit der Unterarmhaut verbunden sind.

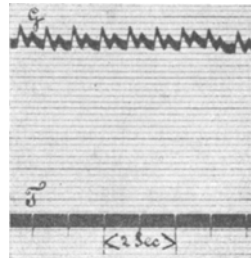


Abb. 10. Aufnahme mit der *E*-Schaltung. Übrigens wie Abb. 9.

hatten, und zwar absichtlich so, daß sie von jedem Pulsschlag bedeutend verschoben wurden. Abb. 9 ist mit der *W*-, Abb. 10 mit der *E*-Schaltung aufgenommen. Beide Abb. zeigen den Puls.

In Abb. 3 wurden Bindeelektroden¹⁾ benutzt, die unzuweckmäßig angelegt worden waren. Wenn man sie lege artis über größere Körper-

¹⁾ P. Meerburg und J. Endtz, Über Bindeelektroden nebst einigen Bemerkungen über das Kinder-Ekg. Mitgeteilt von Prof. W. E. Wien. med. Wochenschr. 1916, Nr. 14.

flächen windet, so wie es bei elektrokardiographischen Aufnahmen üblich ist, werden die Kurven nicht mehr von den kleinen Pulsbewegungen entsteht.

Bei unseren Untersuchungen fanden manchmal auch kleine Tauchelektroden Verwendung. Sie bestanden aus einem mit Kochsalzlösung gefüllten Becherglas, in dem sich eine amalgamierte Zinkplatte befand. Der Daumen wurde in das eine, der kleine samt dem Ringfinger derselben Hand in das andere Glas getaucht, während der Strom von den Zinkplatten zum Galvanometer abgeleitet wurde. Gelegentlich wurden als Elektroden auch gläserne Trichter verwandt, die mit der weiten Öffnung auf die Haut gesetzt und mit Kochsalzlösung gefüllt wurden. Bei keiner dieser beiden Elektrodenarten machte sich der Puls in der Kurve bemerkbar.

Ableitungen von Stirn, Wangen und Schläfen, bei denen man die psychischen Reflexe schon direkt als „erröten“ beobachten kann, ergaben kaum merkbare oder gar keine *W*- und *E*-Effekte.

Aber wenn wir auch aus den oben beschriebenen Beobachtungen mit genügender Sicherheit schließen dürfen, daß eine Variation der Blutfüllung nicht die unmittelbare Ursache der *W*- und *E*-Effekte ist, so ist doch dadurch noch nicht der Beweis herbeigeführt, daß ein größerer oder ein geringerer Blutgehalt die Größe des Reflexes nicht beeinflusse. Ein solcher Einfluß ist von vornherein wohl zu erwarten, da doch der Reflex sich in der Haut manifestiert und eine Veränderung, die in diesem Organe stattfindet, die Intensität seiner Reaktion vergrößern oder verringern kann.

Die zur Lösung dieses Problems angestellten Versuche hatten ein negatives Resultat. So konnte beispielsweise kein Einfluß von einer erhöhten Temperatur wahrgenommen werden. Die Kurven, welche während der Erwärmung der zum Galvanometer abgeleiteten Körperteile erhalten wurden und auch die danach aufgezeichneten zeigten gar keinen oder einen überhaupt nur unbedeutenden Unterschied von den normalen.

Dasselbe kann hinsichtlich abgekühlter Körperteile gesagt werden, während die Finger ebenso wenig ihre Reaktion änderten, nachdem sie blutleer gemacht waren. Wir haben bei Stromableitung von Fingern, die durch Umschnüren blutleer gemacht waren, sowohl *W*- als auch *E*-Kurven schreiben können, deren Form und Zackenhöhe sich normal verhielten und die im großen und ganzen mit den bei denselben Personen unter normalen Bedingungen erhaltenen Kurven übereinstimmten.

Schließlich wollen wir noch darauf hinweisen, daß es bei der Untersuchung der ps.-g. Reflexerscheinungen wünschenswert ist, zur Stromableitung zwei einander nahe liegende Hautstellen derselben Körperseite zu wählen. Leitet man den Strom von zwei symmetrischen Stellen,

z. B. von den beiden Händen ab und schreibt man eine *E*-Kurve, so wird diese, wie zu erwarten ist, mit dem Ekg kombiniert. Abb. 11 zeigt davon ein Beispiel.

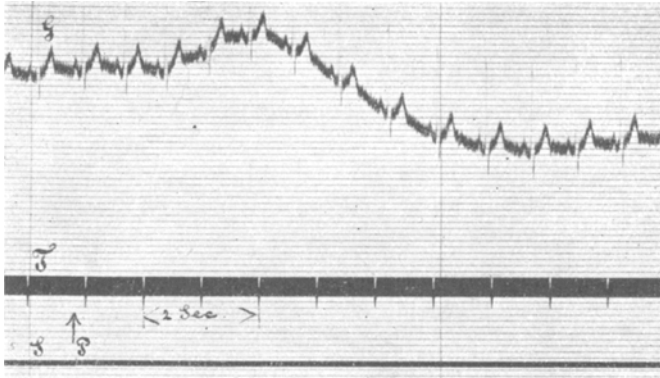


Abb. 11. *E*-Kurve mit Ekg kombiniert. Versuchsperson J. v. L. Ableitung I (von rechter und linker Hand). Ord. 1 Sk. = 10–4 Volt.

Zusammenfassung.

Beim Studium des ps.-g. Reflexes kann mit gutem Erfolg das Saiten-galvanometer verwandt werden.

Die physikalischen Ursachen des Reflexes stellen sich aus zwei Komponenten zusammen: einerseits einer Schwankung der Potentialdifferenz, die zwischen den zwei Ableitungsstellen vorhanden ist und die man den *E*-Effekt nennen kann, andererseits dem *W*-Effekt, der eine Änderung des Widerstandes und der Polarisierung umfaßt.

Widerstands- und Polarisationsänderung sind aufs innigste miteinander verknüpft und treten immer im selben Sinne auf: jede Herabsetzung des Widerstandes ist von einer solchen der Polarisierung begleitet, während auch eine Vergrößerung der beiden immer zu gleicher Zeit stattfindet.

Es wurde eine Methode zur getrennten Untersuchung der *W*- und *E*-Effekte angegeben. Es gibt Personen ohne *W*-Effekte, die einen sehr deutlichen *E*-Effekt zeigen. Der *W*-Effekt entsteht wahrscheinlich in anderen Körperorganen als der *E*-Effekt.

Änderung der Blutfüllung ist nicht die unmittelbare physikalische Ursache des ps.-g. Reflexes; denn dieser tritt bei Stromableitung von durch Umschnüren blutleer gemachten Körperteilen in nahezu unveränderter Form und Größe auf.