

Über das Elektrenkephalogramm des Menschen.

XIII. Mitteilung.

Von

Hans Berger, Jena.

Mit 6 Textabbildungen.

(Eingegangen am 30. April 1937.)

Ich hatte in meiner letzten, der XII. Mitteilung, ausführlich dargetan, aus welchen Gründen ich meine frühere Arbeitshypothese von der psychophysiologischen Bedeutung der α -W. des menschlichen E.E.G. aufgegeben habe. Ich bin zu der Annahme gelangt, daß die α -W. in der inneren Hauptzone der menschlichen Großhirnrinde entstehen und die elektrischen Begleiterscheinungen ihrer ständigen physiologischen, andererseits gewisse β -W. von einer Länge von 11—24 σ Begleiterscheinungen der psychophysiologischen Rindenarbeit sind. Ich hatte an jener Stelle auch mehrere E.E.G.s von Kranken wiedergegeben, die neben anderen dort eingehend erörterten Gründen diese Annahme mit erhärten sollten. Es hat sich nun nachträglich herausgestellt, daß 6 von jenen Abbildungen, und zwar die Abb. 8, 9, 10, 15, 16 und 17 durch Fehler entstellt sind, und somit nicht *das* beweisen, was dort von mir über sie angegeben wurde. Ich habe dies in der in diesem Archiv¹ erschienenen Berichtigung klargestellt und habe daselbst ausgeführt, daß die in jenen 6 Abbildungen als β -W. von 20 σ gedeuteten Wellenzüge Wechselstromschwankungen sind, die trotz entsprechender Sicherungsmaßnahmen gerade in die Aufnahmen jener drei Kranken hineingelangt waren. Ich habe in meiner Berichtigung auch das Versprechen gegeben, bald bessere Belege zu veröffentlichen. Es lag mir natürlich viel daran, dieses Versprechen auch *bald* einzulösen, was in dieser XIII. Mitteilung nun geschehen soll². Es ist immer etwas Mißliches mit der Aufnahme von E.E.G.s bei schwer psychisch erkrankten Menschen. Das Gelingen eines einwandfreien E.E.G.s ist von der Erfüllung so vieler Bedingungen von Seiten des Untersuchten abhängig, so daß es oft ganz dem Zufall überlassen bleibt, ob eine mit vieler Mühe durchgeführte Aufnahme von Erfolg gekrönt ist oder nicht. Die Kranken schließen die Augen überhaupt nicht, oder öffnen sie gerade im ungeeigneten Augenblick, sie bleiben während der Aufnahme nicht ruhig liegen, richten sich vom Lager auf oder bewegen den Kopf, sprechen, lachen oder weinen und reißen, wenn etwa Nadelableitungen gemacht werden, durch

¹ Arch. f. Psychiatr. 106, 508.

² Bei der Durchführung dieser Untersuchungen haben mir wieder Herr Dr. med. habil. R. Lemke und Herr Dr. med. W. Lemcke treue Hilfe geleistet, wofür ich ihnen auch an dieser Stelle herzlich danke!

eine unerwartete Kopfbewegung oder auch absichtlich die Nadelelektronen heraus.

Es kommt bei der Insulinbehandlung der Schizophrenie sehr oft, ehe die Kranken ins eigentliche Koma gelangen, zu mehr oder minder ausgesprochenen präkomatösen Erregungszuständen, bei denen oft die psychischen Veränderungen im Vordergrund stehen. Während es nun ein Leichtes ist, in dem Insulinkoma selbst einwandfreie E.E.G.s aufzunehmen, von denen ich mehrere in meiner XII. Mitteilung in Abbildung 2, 3 und 4 wiedergegeben habe, gelingt die Aufnahme eines E.E.G. aus den oben angeführten Gründen in den Erregungszuständen nur sehr

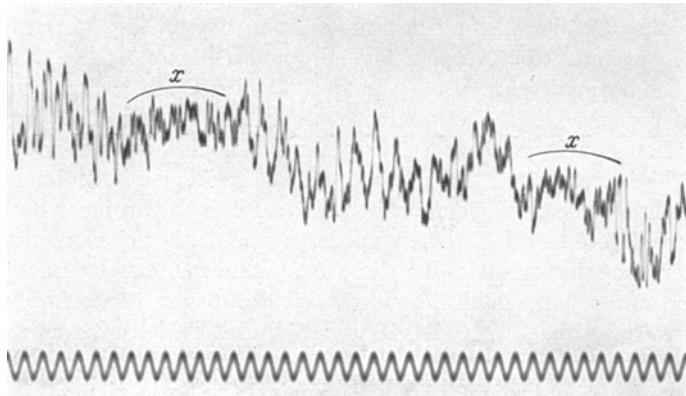


Abb. 1. M. G., 42 Jahre alt, in einem manischen Erregungszustand. Oben E.E.G., abgeleitet mit Silbernadeln von Stirn und Hinterhaupt. Unten Zeit in $\frac{1}{10}$ Sek. Bei x Häufung von kurzen β -W., die auch an den zwischen x und x auftretenden α -W. sehr deutlich erkennbar sind.

selten. Ich habe bei einer einigermaßen gelungenen Aufnahme im präkomatösen Erregungszustand eines Schizophrenen ein E.E.G. gefunden, in dem kurze β -W. von etwa 19σ Länge die ganze Aufnahme beherrschen. Ich habe auch an jener Stelle hervorgehoben, wie schwierig die Aufnahme bei manischen Kranken ist, und die dort wiedergegebenen, ausnahmsweise mal gelungenen E.E.G.s von zwei Kranken sind nicht einwandfrei, da ein von außen kommender Wechselstrom gerade in sie hinein gelangt ist. Ich gebe daher in Abb. 1 eine Aufnahme eines E.E.G. wieder, das von einer 42jährigen Kranken herrührt, die seit ihrem 31. Lebensjahr an Anfällen des manisch-depressiven Irreseins leidet. Es handelt sich hier um eine Nadelaufnahme bei der noch deutlich erregten manischen Kranken. Man sieht namentlich an den mit x bezeichneten Stellen das Überwiegen kurzer β -W. von 17—22 σ Länge. Auch an den zwischen diesen beiden Stellen des E.E.G. gelegenen, leicht erkennbaren α -W. treten diese kurzen β -W. auffallend deutlich hervor. Diese Aufnahme wurde leider dadurch unterbrochen, daß die Kranke, die bis dahin

äußerlich völlig ruhig mit geschlossenen Augen dagelegen hatte, plötzlich lachend mit den Händen die Nadelelektroden herausriß und sich erhob.

Viel überzeugender und dabei auch wesentlich einfacher für die Aufnahme selbst ist die Untersuchung der Einwirkung bestimmter nach ihren klinischen Folgeerscheinungen bekannter Medikamente auf einzelne Wellenarten des menschlichen E.E.G. Ich hatte schon in meiner letzten Mitteilung darauf hingewiesen, daß es mir nicht gelungen sei, einwandfrei nachzuweisen, daß eine oder mehrere Tassen starken Kaffees eine Einwirkung vorwiegend auf die kurzen β -W. haben, wie man sie nach meiner Annahme erwarten mußte. Ich habe auch dort die Gründe aus-

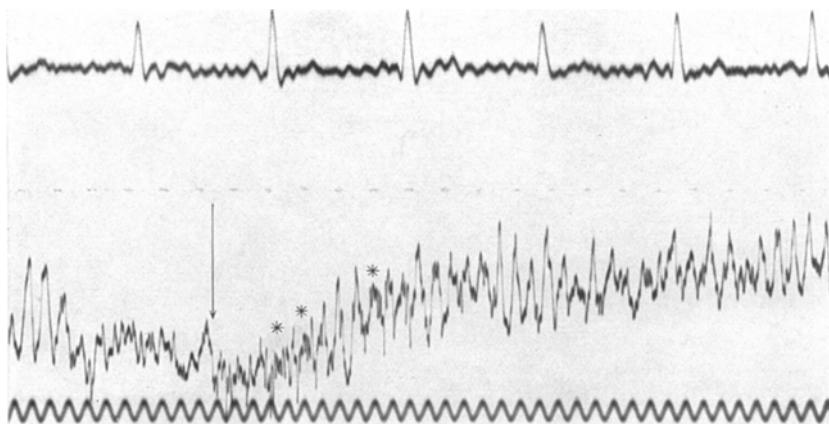


Abb. 2. E. E. 26 Jahre alt. 30 Min. nach der subcutanen Injektion von 0,2 Coffeinum natriosalicylicum. Oben E.K.G. abgeleitet von beiden Armen, in der Mitte E.E.G. abgeleitet mit chlorierten Silbernadeln von Stirn und Hinterhaupt, unten Zeit in $\frac{1}{10}$ Sek. Bei dem Pfeil Einsetzen der Coffeinwirkung.

einandergesetzt, die solche Feststellungen unmöglich machen. Ich habe mich aber dabei nicht beruhigt und habe die Wirkung von Coffein-injektionen untersucht und habe so einwandfreie Ergebnisse erzielt, die namentlich in dem weiteren Zusammenhang mit den andern pharmakologischen Versuchen beurteilt werden müssen. Bei einem 26jährigen Mann E. E. wurde eine subcutane Injektion von 0,2 Coffeinum natriosalicylicum in den rechten Oberarm gemacht. Ein kleines Stück aus der 30 Min. später erfolgten Aufnahme des E.K.G. und E.E.G. gibt Abb. 2 wieder. Der Puls schlägt 80mal in der Minute, das E.K.G. ist etwas verzittert. Das E.E.G., das mit Nadeln von Stirn und Hinterhaupt abgeleitet wurde, läßt rechts von dem Pfeil das gehäufte Auftreten von β -W. von einer durchschnittlichen Länge von 16σ mit Leichtigkeit erkennen. Namentlich an den mit einem Stern bezeichneten Stellen ist die Häufung dieser kurzen β -W. sehr deutlich, aber auch sonst zeigt sich das starke Hervortreten von β -W. in der rechten Hälfte des E.E.G. Dabei liegt

die Versuchsperson völlig ruhig mit geschlossenen Augen im verdunkelten, nur von einer verdeckten Kerze etwas beleuchteten Zimmer. Eine Aufnahme von der gleichen Versuchsperson E. E., wenn sie nicht unter der Einwirkung irgendeines Medikaments steht, zeigt die Abb. 3. Wir sehen wieder das etwas verzitterte E.K.G. mit einer Pulsfrequenz von 86 in der Minute. Das E.E.G. zeigt schöne α -W. von 90σ Länge, β -W. sind auch vorhanden, treten aber gegenüber dem Befund in Abb. 2 deutlich an Höhe und Häufigkeit zurück. Wenn man hier vielleicht noch in Zweifel sein könnte, ob wir wirklich in dem gehäuften Auftreten der kurzen β -W. des

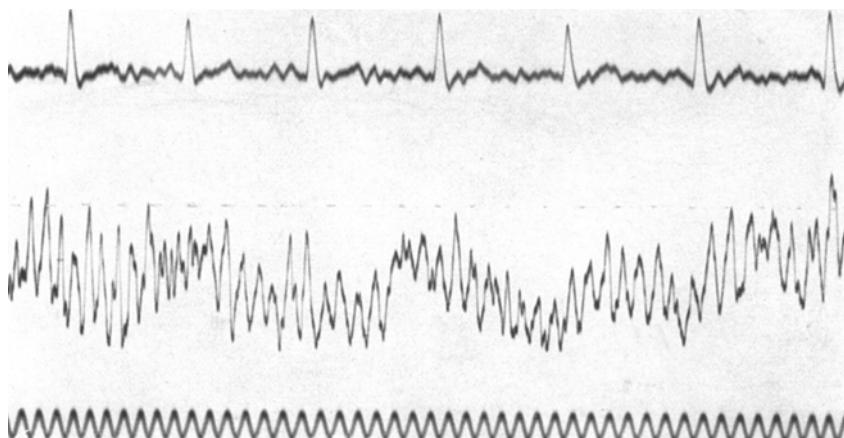


Abb. 3. E.E., 26 Jahre alt. Oben E.K.G. abgeleitet von beiden Armen, in der Mitte E.E.G. abgeleitet mit chlorierten Silbernadeln von Stirn und Hinterhaupt, unten Zeit in $1/10$ Sek.

E.E.G. den Ausdruck der anregenden Wirkung des Coffeins vor uns haben, so werden weitere Versuchsergebnisse diesen Zweifel beheben.

Wir wissen, daß das Cocain bei einer Vergiftung hochgradigste psychische Erregungszustände und motorische Unruhe hervorruft, wobei es dann aber auch meist zu einer Bewußtseinstrübung kommt. Ich hatte schon in meiner 3. Mitteilung, 1931, berichtet, daß eine Gabe von 0,03 Cocainum muriaticum eine leichte Höhenzunahme der α -W. des E.E.G., die etwa 30 Min. nach der Injektion deutlich zutage tritt, hervorruft¹. Ich hatte damals allerdings nur Spulengalvanometerkurven aufgenommen, die wegen ihrer Kleinheit Einzelheiten der β -W. nicht erkennen lassen. Eine möglichst kleine, aber eben doch noch wirksame Cocaingabe wirkt ausschließlich anregend auf die geistige Tätigkeit. Dies ist ja auch der Grund, der die Einwohner Südamerikas zu der Gewohnheit des Cocaokauens veranlaßt und in zivilisierten Ländern zu dem verhängnisvollen Cocainmißbrauch als Anregungsmittel geführt hat. Abb. 4 zeigt rechts

¹ Siehe Abb. 9 und 10 im Arch. f. Psychiatr. 94, 32.

von dem Pfeil die Einwirkung einer subcutanen Injektion von nicht ganz 0,02 Cocainum muriaticum, die etwa 30 Min. vorher ausgeführt wurde bei einer 23jährigen Versuchsperson E. B. Sie lag bei der Aufnahme völlig ruhig mit geschlossenen Augen im verdunkelten Aufnahmeraum, so daß die Aufnahme sehr rasch und glatt gelang. Oben ist das E.K.G. wiedergegeben, das Herz zeigt 86 Schläge in der Minute, der Puls ist kaum beschleunigt. Das E.E.G., das α -W. von 100 σ Länge im Beginn des hier wiedergegebenen Kurvenstückes sehr deutlich erkennen läßt, erfährt von dem Pfeil an ziemlich plötzlich eine erhebliche Umwandlung, die ganz

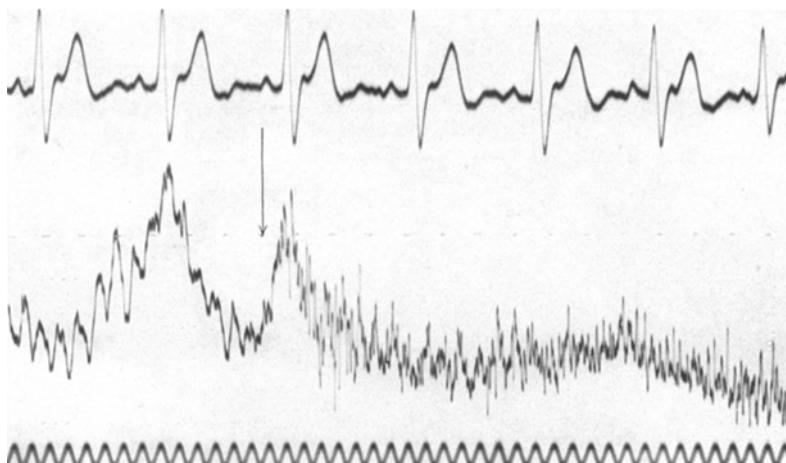


Abb. 4. E. B. 23 Jahre alt. 30 Min. nach der subcutanen Injektion von 0,02 Cocainum muriaticum. Oben E.K.G. abgeleitet von beiden Armen, in der Mitte E.E.G. abgeleitet mit chlorierten Silbernadeln von Stirn und Hinterhaupt, unten Zeit in $1/10$ Sek. Bei dem Pfeil Einsetzen der Cocainwirkung.

der Veränderung in Abb. 2 unter der Einwirkung des Coffeins gleicht, nur noch ausgesprochener ist. Die α -W. sind mit kurzen β -W., die hier eine durchschnittliche Länge von nur 13 σ zeigen, dicht besetzt, z. T. durch solche ganz ersetzt! Wir haben hier die bildliche Darstellung der anregenden Wirkung des Cocains auf den Ablauf der geistigen Vorgänge vor uns! Entsprechend der energischeren Wirkung des Cocains ist die Veränderung gegenüber der Veränderung unter der Coffeinwirkung eine viel deutlichere und daher mehr in die Augen fallende.

Wir wissen nun weiter, daß von den Alkaloiden, die erregend auf die Hirnrinde und ganz besonders auf den Ablauf der geistigen Vorgänge einwirken, *Atropin* an erster Stelle steht. Man verwendet das Atropin in Gaben, die weit über die Maximaldosen hinausgehen, z. B. bei der Behandlung der Folgezustände der Encephalitis epidemica, jedoch gibt man dabei das Atropin ausschließlich innerlich. Ich habe oft E.E.G.s von Leuten aufgenommen, die an Postencephalitis leidend unter hohen

Atropingaben standen, ich habe jedoch nie durch das Atropin allein veränderte E.E.G.s erhalten. Das Atropin wirkt nun viel rascher und energischer nach subcutaner Injektion bei einer Versuchsperson, die an Atropin nicht gewöhnt ist. Abb. 5 gibt eine Aufnahme wieder, die von der gleichen Versuchsperson E. E. herrührt, von der oben Abb. 2 das E.E.G. unter Coffeinwirkung und Abb. 3 die normale Ruhekurve wiedergibt. Man sieht oben das E.K.G., der Puls schlägt 86mal in 1 Min., das darunter geschriebene E.E.G. ist durchgehend schwer verändert und zeigt genau die gleichen Abänderungen, wie sie unter der Coffein- und Cocaineinwirkung auftreten. Sie sind nur *noch* viel ausgesprochener und beherrschen

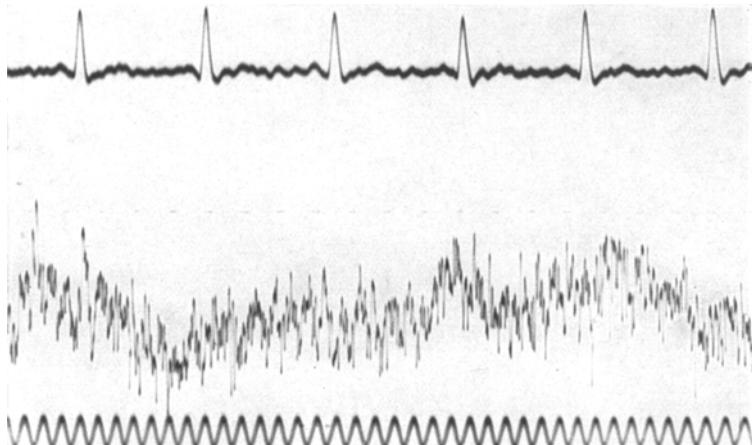


Abb. 5. E. E. 26 Jahre alt. 30 Min. nach der subcutanen Injektion von 0,0005 Atropinum sulfuricum. Oben E.K.G. abgeleitet von beiden Armen, in der Mitte E.E.G. abgeleitet mit chlorierten Silbernadeln von Stirn und Hinterhaupt, unten Zeit in $\frac{1}{10}$ Sek.

jetzt das ganze wiedergegebene Kurvenstück, ja die ganze mehrere Meter lange Aufnahme! Diese Aufnahme ist jetzt 30 Min. nach der subcutanen Injektion von 0,0005 Atropinum sulfuricum bei der mit geschlossenen Augen im völlig ruhigen und verdunkelten Aufnahmeraum liegenden Versuchsperson gemacht worden. Die kennzeichnenden β -W. haben hier eine Länge von 11—16 σ , stimmen also in der Länge mit den β -W. überein, die bei E. E. unter der Einwirkung des Coffeins auftreten. Erst die einige Zeit später, nach dem Abklingen der Atropinwirkung aufgenommenen E.E.G.s zeigten wieder dasselbe Bild wie in Abb. 3. Wir sehen also unter der erregenden Wirkung des Coffeins, des Cocains und des Atropins entsprechend dem Hervortreten von Erscheinungen der geistigen An- und Erregung und mit der graduellen Steigerung dieser besonderen Wirkung parallel gehend eine immer deutlichere Abänderung des E.E.G. in dem Sinne, daß kurze β -W. von 11—16 σ das Bild beherrschen. Ich habe in

meiner letzten Mitteilung auseinandergesetzt, warum ich annehme, daß diese β -W. zu den materiellen Begleiterscheinungen der geistigen Vorgänge gehören.

Ich möchte hier noch einiger weiterer Beobachtungen gedenken. Ich habe in meiner 8. Mitteilung 1933¹ über die Begleiterscheinungen der Morphinwirkung am E.E.G. kurz berichtet. Es ist nun bekannt, daß das Morphin bei Menschen, die an dasselbe oder an andere Opiate sich gewöhnt haben, eine geradezu *anregende* Wirkung ausüben kann, und daß es eben gerade aus diesem Grunde auch zu seinem Mißbrauch, namentlich in ärztlichen Kreisen, kommen kann. Abb. 6 gibt das E.E.G. einer

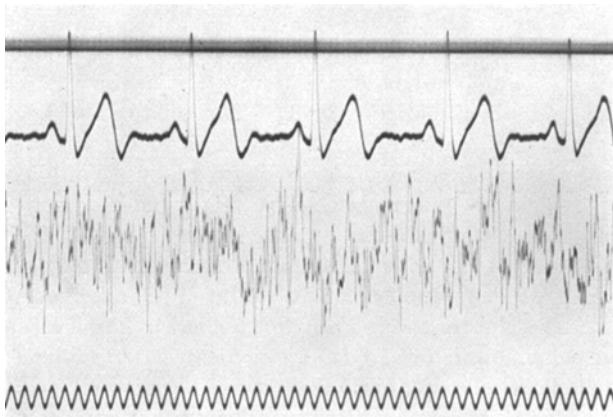


Abb. 6. Frau E. D., 32 Jahre alt. 45 Min. nach der subcutanen Injektion von 0,02 Morphium muriaticum. Oben E.K.G. abgeleitet von beiden Armen, in der Mitte E.E.G. abgeleitet mit chlorierten Silbernadeln von Stirn und Hinterhaupt, unten Zeit in $1/10$ Sek.

32jährigen Kranken E. D. wieder, die an Opiate gewöhnt war, und zwar 45 Min. nach der subcutanen Injektion von 0,02 Morphium muriaticum. Oben ist das E.K.G. geschrieben, das Herz schlägt 64mal in der Minute; das E.E.G. zeigt das gehäufte Auftreten von kurzen β -W., die eine durchschnittliche Länge von 13 σ erkennen lassen. Jedem erfahrenen Irrenarzt ist es ferner bekannt, daß unter Umständen selbst das sonst so energisch lähmend wirkende Scopolamin Erregungszustände auslösen kann. Ich habe 1931 schon ein E.E.G. in meiner 3. Mitteilung² wiedergegeben, das den Fortfall der α -W. unter der gemeinsamen Wirkung von Scopolamin und Morphin wiedergibt. Ich habe aber später doch auch gesehen, daß in den Fällen, in denen es ausnahmsweise zu einer erregenden Wirkung des Scopolaminums hydrobromicum kommt, gehäuftete β -W. im E.E.G. auftreten. Die Aufnahmen sind aber meist durch Bewegungen usw. so entstellt, daß ihre wissenschaftliche Auswertung zweifelhaft erscheint.

¹ Arch. f. Psychiatr. 101, 453. — ² Arch. f. Psychiatr. 94, 33, Abb. 11.

Ich möchte hier doch ferner nicht unerwähnt lassen, daß ich gelegentlich einer Ableitung des E.E.G.s von der menschlichen Hirnrinde selbst bei einem mit Chloroform betäubten Mann von 29 Jahren im Beginn der Narkose eine Gruppenbildung der an Höhe erheblich abnehmenden α -W. sah, die mich doch an die ganz andere Gruppenbildung und den Galopprhythmus der Evipan- und Pernocton-Narkose usw. erinnerte. Allerdings nahm hier, wie erwähnt, gleichzeitig die Höhe der α -W. stetig ab. Über die gewöhnlichen Befunde am E.E.G. in der Chloroformnarkose habe ich ebenfalls 1931 in meiner 3. Mitteilung¹ ausführlich berichtet. Man ersieht jedenfalls daraus, daß man bei der Auswertung der Ergebnisse etwaige persönliche Verschiedenheiten der Wirkung dieser Mittel wohl mit berücksichtigen muß.

Meiner Ansicht nach stehen aber die hier wiedergegebenen Befunde in einer ausgezeichneten Übereinstimmung mit meiner Annahme, daß kurze β -W. von einer Länge von 11—24 σ materielle Begleiterscheinungen der geistigen Vorgänge sind. Einwandfreier und deutlicher also, als die aus der Pathologie angeführten Befunde, sprechen diese pharmakologischen Ergebnisse für meine Auffassung. Sie sind unter allen erforderlichen Vorsichtsmaßnahmen aufgenommen und sind frei von Fehlern. Ich glaube somit mein in jener Berichtigung gegebenes Versprechen voll und ganz, und besser als es durch die alleinige Wiedergabe der E.E.G.s von Geisteskranken hätte geschehen können, eingelöst zu haben. Ich bekenne mich auf Grund der hier wiedergegebenen Befunde und der an jener Stelle ausführlich erörterten anderweitigen Gründe zu dem Schlußsatz meiner 12. Mitteilung, der da lautet:

Gewisse β -W. mit einer Länge von 11—24 σ , deren Ursprungsort wohl in den Zellschichten der äußeren Hauptzone der menschlichen Hirnrinde zu suchen ist, entsprechen ihrer *psychophysiologischen* Tätigkeit; sie sind als materielle Begleiterscheinungen der *psychischen* Vorgänge anzusprechen!

¹ Arch. f. Psychiatr. 94, 37 und Abb. 16, 17, 18 und 19.