

Über das Elektrenkephalogramm des Menschen.

X. Mitteilung.

Von

Hans Berger, Jena.

Mit 4 Textabbildungen.

(Eingegangen am 10. April 1935.)

In der letzten Zeit ist eine Reihe von Arbeiten veröffentlicht worden, die sich mit Untersuchungen der in der Hirnrinde des Menschen entstehenden elektrischen Potential schwankungen beschäftigen und die zu Ergebnissen gelangt sind, die den Anschein erwecken, als ob sie nicht zusammenstimmten. Es liegen diese verschiedenen Ergebnisse zum Teil sicherlich an der verschiedenen Art der Ableitung dieser Potential schwankungen, zum Teil aber auch an anderen Ursachen. Gehen wir zunächst auf die verschiedenen *Arten der Ableitung* ein, so kommen im wesentlichen zwei in Betracht, erstens die unipolare und zweitens die bipolare Ableitung. Bei der *unipolaren* liegt die eine, die sog. *differente* Elektrode auf der Hirnrinde, der Dura oder am Schädelknochen, während die andere, die sog. *indifferente* Elektrode auf einer möglichst stromlosen Gegend, z. B. bei einer Reihe von Untersuchern auf der Ohrgegend liegt. Bei der *bipolaren Ableitung* liegen beide Elektroden auf der Hirnrinde, der Dura oder am Schädelknochen. Die dabei zu berücksichtigenden physikalischen Gesichtspunkte ergeben sich am einfachsten aus Abb. 1. Bei der *unipolaren Ableitung* gelangen an die Elektrode a Stromschwankungen, die von einem kegelförmigen Gebiet im Bereich der Aufsatzstelle dieser Elektrode geliefert werden. Die Elektrode selbst liegt an der Spitze dieses Kegels, während sich die Stromlinien nach der gewöhnlich größer gewählten indifferenten Elektrode zu immer mehr ausbreiten. Es ist selbstverständlich, daß bei einer derartigen Ableitung vor allem die elektrischen Vorgänge, die sich in unmittelbarer Nachbarschaft der differenten Elektrode a abspielen, zur Darstellung kommen und daß sich daher namentlich für lokalisatorische Zwecke *diese* Ableitung empfiehlt. Ich habe bei meinen ersten Untersuchungen über das Elektrenkephalogramm (E.E.G.) diese unipolare Ableitung von Trepanationsstellen wiederholt versucht, bin aber hauptsächlich wegen der Wahl des Ortes der indifferenten Elektrode und der Allgegenwart des E.K.G. wieder ganz von dieser Art der Ableitung abgekommen. Bei einer *bipolaren Ableitung* werden die *zwischen den beiden Elektroden a und b* sich abspielenden elektrischen Vorgänge zur Darstellung gebracht (Abb. 1). Die Stromlinien dringen viel weniger tief ein als bei der unipolaren Ableitung, breiten sich aber auch seitlich bogenförmig aus und umfassen daher ein ungleich viel größeres Gebiet. Es werden bei der bipolaren Ableitung alle elektrischen Vorgänge aufgenommen, die zwischen den beiden Elektroden,

und zwar nicht nur in ihrer unmittelbaren Verbindungsline, sondern auch innerhalb eines etwa linsenförmigen Raumgebildes entstehen. Zweifellos eignet sich diese Art der Ableitung weniger zu lokalisatorischen Zwecken, als vielmehr zur Darstellung der elektrischen Vorgänge innerhalb größerer oder kleinerer Rindengebiete und zur Auffindung verhältnismäßig geringer Potentialschwankungen. Ich habe bei allen meinen früher mitgeteilten Untersuchungen über das E.E.G. des Menschen die bipolare Ableitung angewandt. Es scheint mir nun sehr wichtig, daß Foerster und Altenburger¹ bei einer *unipolaren* Ableitung von der Großhirnrinde des Menschen im Verlauf von Operationen, die in Lokalanästhesie durchgeführt wurden, fanden, daß man von den verschiedensten Gegenden elektrische Potential schwankungen ableiten kann, von denen die größeren und langsamer verlaufenden den von mir als Alphaschwingungen bezeichneten entsprechen. Es ist dies eine Bestätigung meiner Befunde, die mit einer bipolaren Ableitung aufgenommen wurden und ergeben hatten, daß man von den verschiedensten Schädellücken bei einer Ableitung von der Dura immer das gleiche E.E.G. mit großen Alphaschwingungen von 90—120 σ und kleineren, rascher verlaufenden Schwingungen erhält und daß lediglich je nach der Entfernung der beiden Elektroden a und b voneinander die Höhe der Potentialschwankungen wechselte und annähernd proportional der Entfernung der beiden Elektroden voneinander, also entsprechend der Zahl der dazwischengeschalteten Nervenzellen, an Spannung zunahm. Auch die von mir in meiner I. Mitteilung auf Abb. 9² wiedergegebenen Ableitungen von Potentialschwankungen von der Dura des Kleinhirns wurden von beiden Untersuchern bei Ableitung von der Kleinhirnrinde selbst bestätigt. Ich habe seinerzeit hervorgehoben, daß die großen Schwankungen an der Kleinhirnkurve seltener auftreten als am E.E.G. des Großhirns, und es will mir scheinen, als ob auf der wieder gegebenen Kurve auf Abb. 10 von Foerster und Altenburger das gleiche

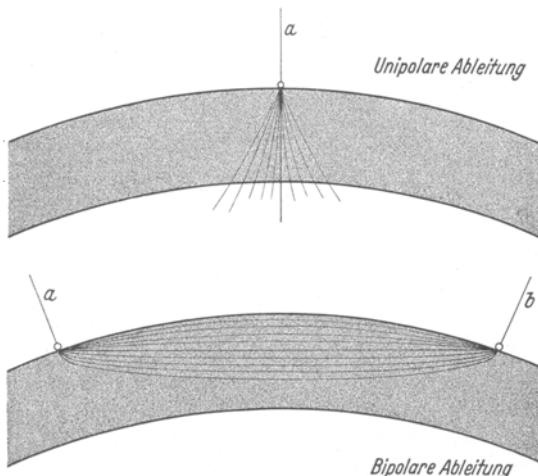


Abb. 1. Verlauf der Stromlinien bei einer unipolaren und einer bipolaren Ableitung von der Hirnrinde.

¹ Foerster und Altenburger: Dtsch. Z. Nervenheilk. 135, 277 (1935).

² Berger, Hans: Arch. f. Psychiatr. 87, 545 (1929).

der Fall wäre. Ich habe auch schon in meiner II. Mitteilung¹ darauf hingewiesen, daß *krankhaft verändertes Großhirngewebe* die Alphaschwingungen des E.E.G. vermissen lasse, ein Befund, den diese beiden Untersucher und ebenso Tönnies² durch schöne Abbildungen belegen. Die von Foerster und Altenburger von der Großhirnrinde selbst unipolar abgeleiteten Potentialschwankungen bestätigen eben doch auch meine Ansicht, daß man beim Menschen von architektonisch ganz verschiedenen gebauten Feldern überall die gleiche Potentialkurve, das gleiche E.E.G. erhält und die Verhältnisse anscheinend anders liegen, als nach den Mitteilungen von Kornmüller und Tönnies dies beim Tier der Fall ist. Foerster und Altenburger haben auch den meiner Ansicht nach sehr wichtigen Nachweis erbracht, daß in der Tat, genau wie dies vom Tier seit 1874 durch Caton bekannt ist, auch beim Menschen unter Einwirkung der entsprechenden Sinnesreize in den Sinneszentren sich stärkere Stromschwankungen einstellen. Sie haben dies auch an der motorischen Region feststellen können und vor allem die äußerst interessante Tatsache beobachtet, daß bei einer motorischen Innervation sich gleichzeitig an der Kleinhirnrinde dieselbe Zunahme der Potentialschwankungen nachweisen läßt! Mir war es bei meinen bipolaren Ableitungen von der Dura, der Schädelücke oder von dem Schädelknochen nie gelungen, unter der Einwirkung von Sinnesreizen eine *Zunahme* der Potentialschwankungen nachzuweisen, sondern ich fand ausnahmslos ihre *Abnahme*. Nur bei den isolierten klonischen Zuckungen in den Handmuskeln der rechten Seite einer an Dementia paralytica leidenden Kranken konnte ich von der Gegend der mittleren linken Zentralwindungen, deren Lage cyrtometrisch bestimmt worden war, erhebliche, den jeweiligen Zuckungen vorangehende Potentialschwankungen bei einer bipolaren Ableitung vom Schädelknochen mit den 4 cm voneinander entfernten, dem Knochen anliegenden Nadelelektroden feststellen³. Ich habe, wie gesagt und wie ich dies in meinen zahlreichen Mitteilungen immer wieder hervorgehoben habe, beim Menschen die mir aus den Tierversuchen anderer und auch aus ganz vereinzelt vor vielen Jahren mir gelungenen eigenen Tierversuchen bekannte Zunahme der Potentialschwankungen innerhalb eines Sinneszentrums nie gesehen, aus dem einfachen Grunde, weil bei der Ableitung von der Dura die menschlichen Sinneszentren infolge ihrer Lage einer Ableitung, besonders einer bipolaren Ableitung, nicht zugänglich sind. Dagegen habe ich bei der Einwirkung der verschiedensten Sinnesreize, denen die Aufmerksamkeit zugewendet wurde, stets einen *Potentialabfall* auf etwa $\frac{1}{5}$ der früheren Höhe unter Wegfall der Alphaschwingungen immer wieder beobachtet und durch Kurven belegen können. Einen derartigen Abfall haben Foerster und Altenburger bei einer

¹ Berger, Hans: J. Psychol. u. Neur. 40, 160 (1930). — ² Tönnies, J. F.: Dtsch. Z. Nervenheilk. 135, 288, Abb. 2. — ³ Berger, Hans: Arch. f. Psychiatr. 100, 314 (1933), Abb. 12.

unipolaren Ableitung von der menschlichen Hirnrinde selbst unter der Einwirkung von Sinnesreizen nicht beobachtet. Es könnte dies nun an der unipolaren Ableitung liegen, die vorwiegend die elektrischen Vorgänge an der Stelle der differenten Elektrode zur Darstellung bringt, während die bipolare Ableitung die elektrischen Vorgänge eines viel größeren Gebietes überschauen läßt. Eine örtliche Erregung geht, wie sich auch aus manchen von verschiedenen Autoren mitgeteilten Tierversuchen entnehmen läßt, mit einem Potentialabfall *außerhalb* des in Anspruch genommenen Sinnesgebietes einher. Dieser Potentialabfall unter der Einwirkung eines Sinnesreizes muß also außerhalb des gerade in Anspruch genommenen Sinneszentrums gesucht werden. Er umfaßt viel weitere Gebiete als die Potentialzunahme bei einer bipolaren Ableitung, die, wie gesagt, sämtliche zwischen den Elektroden a und b verlaufende elektrische Vorgänge zur Darstellung bringt. Es überwiegen nun die Gebiete mit einem Potentialabfall das umschriebene Gebiet mit einem Potentialanstieg bei weitem. Daher kommt es in der Summationskurve des E.E.G. bei einer *bipolaren* Ableitung zu einem Potentialabfall. Daß unter Umständen auch bei einer unipolaren Ableitung ein erheblicher Potentialabfall an der Hirnrinde des Kaninchens unter der Einwirkung eines Reizes nachgewiesen werden kann, geht aus Abb. 4 der Arbeit von *Range*¹ einwandfrei hervor. Das Aussetzen der Alphaschwingungen meines E.E.G. unter der Einwirkung der verschiedensten Sinnesreize und bei geistiger Arbeit haben *Adrian* und *Matthews* durch schöne Kurven in einer größeren Arbeit im „*Brain*“² belegt, so daß wohl an der Tatsache an sich ein Zweifel nicht mehr möglich ist. Ich habe schon früher ausgeführt, als ich die für mich sehr auffallenden Ergebnisse der Veränderung des E.E.G. unter der Einwirkung von Sinnesreizen und bei geistiger Arbeit unter Heranziehung der damals vorliegenden Tierversuche besprach, daß die mit der örtlichen Erregung gekoppelte, viel ausgedehntere Hemmung, die eben in einem Spannungsabfall zum Ausdruck kommt, die umschriebene örtliche Spannungszunahme bei einer bipolaren Ableitung am E.E.G. überdeckt. So stehen meiner Ansicht nach diese Befunde bei einer bipolaren Ableitung am E.E.G. mit den Befunden von *Foerster* und *Altenburger* durchaus im Einklang und auf keinen Fall in Widerspruch, worauf übrigens auch diese Herren schon hingewiesen haben. Man könnte aber auch noch eine andere Erklärung für den fehlenden Nachweis des Potentialabfalls in den Untersuchungen von *Foerster* und *Altenburger* annehmen. Es könnte dies an den ganzen äußeren Umständen liegen, unter denen die Ableitung in den Fällen dieser beiden Herren vorgenommen wurde. Es handelte sich um Kranke, die auf dem Operationstisch lagen, bei denen ein Eingriff vorgenommen werden sollte oder vielleicht auch schon stattgefunden hatte, bei denen

¹ *Range, R. W.: J. Psychol. u. Neur.* **46**, 364 (1935).

² *Adrian und Matthews: Brain* **57**, 355 (1934).

also außer der abweichenden gemütlichen Verfassung wohl die Aufmerksamkeit durch mancherlei Vorgänge abgelenkt war, so daß diese Begleiterscheinungen der *Aufmerksamkeit* — und um solche handelt es sich bei den Hemmungsvorgängen nach meiner Ansicht — nicht deutlich zur Darstellung kamen. Ich habe früher auch gezeigt, daß unter der Einwirkung einer gemütlichen Erregung das E.E.G. eine nicht unerhebliche Abänderung in *der Form* erleidet, daß die Alphaschwingungen unter Umständen bis zur Hälfte, also auf 50σ , verkürzt werden können. Ferner können Schmerzen und unbequeme Lagerung, sowie andere ablenkende Vorgänge usw. ganz erhebliche Abänderungen am E.E.G. hervorrufen, sodaß der Vorgang einer Hemmung und damit der Potentialabfall sich nur ganz flüchtig oder überhaupt nicht geltend macht. Es treten dann die Alphaschwingungen zurück; die sekundären Schwingungen, von mir auch als Betawellen bezeichnete Vorgänge, die sich aus mindestens sieben verschiedenen kurzen und verschiedenen hohen Schwingungsarten zusammensetzen¹, treten nun deutlicher hervor und können unter Umständen auch *örtliche Verschiedenheiten des E.E.G. vortäuschen!* Es ist bei der Beurteilung der Kurven, wie ich nun aus einer 11jährigen Erfahrung weiß, äußerste Vorsicht geboten, und namentlich ist auch auf die *psychologischen* Bedingungen, unter denen das E.E.G. aufgenommen wurde, weitgehend Rücksicht zu nehmen. Daß selbst ausgezeichneten Physiologen bei Außerachtlassung *dieser* psycho-physiologischen Bedingungen schwerste Irrtümer untergelaufen sind, werde ich gleich zeigen.

Adrian und *Matthews* sind bei ihren schon oben erwähnten Untersuchungen über das E.E.G. des Menschen zu dem Ergebnis gekommen, daß die von ihnen in Übereinstimmung mit meinen Feststellungen gefundenen elektrischen Potentialschwankungen in der Hirnrinde selbst entstehen. Sie gelangen aber weiterhin zu der irri gen Annahme, daß sie im *Occipitallappen* entstanden. Ich habe bei 75 Leuten mit Entlastungstrepanationen von den ganz verschiedenen gelegenen Schädellücken bei einer bipolaren Ableitung von der Dura immer das gleiche E.E.G. erhalten und nie bemerkt, daß etwa in den im hinteren Teil des Schädels gelegenen Lücken bei einer Ableitung von der Dura besonders hohe Alphaschwingungen des E.E.G. sich ergeben hätten. Es ist auch nicht ohne weiteres angängig, wie dies *Adrian* und *Matthews* getan haben, aus der verschiedenen Höhe der Potentialschwankungen innerhalb einer durch eine Kriegsverletzung entstandenen Schädellücke oder in deren Nachbarschaft einen bindenden Schluß auf den *Entstehungsort* dieser elektrischen Vorgänge in *der Weise* zu ziehen, wie dies von den beiden Forschern versucht wurde (vgl. Abb. 6, S. 362, ihrer Mitteilung im „*Brain*“!). Man kann nämlich gar nicht wissen, ob unter den Stellen, an denen jeweils von der *Haut* abgeleitet wurde, eine gesunde oder eine krankhaft veränderte *Hirnrinde*, eine schwielig verdickte Dura oder veränderte weiche Hirnhäute, vielleicht sogar eine Cyste vorliegen, so daß man aus

¹ Berger, Hans: Arch. f. Psychiatr. **102**, 541 (1934), Abb. 1.

diesen Gründen von verschiedenen Ableitungsstellen verschieden hohe Potentialschwankungen erhält. Ich habe ja gerade oben hervorgehoben, daß eine krankhaft veränderte Hirnrinde keine Alphaschwingungen des E.E.G. erkennen läßt, wie dies die Untersuchungen von *Foerster* und *Altenburger* und auch von *Tönnies* wieder bestätigt haben. Ich habe zu meinen Ableitungen von der Dura innerhalb von Schädellücken und meinen vereinzelten Ableitungen von der menschlichen Hirnrinde selbst ausschließlich solche Leute herangezogen, bei denen ich mich bei der Wochen vorher von Herrn Professor *Guleke* ausgeführten Entlastungstrepanation durch *eigenen Augenschein* überzeugt hatte, daß im Bereich der Schädellücke selbst gesundes Großhirngewebe vorlag. Ich habe auch von Lücken abgeleitet, die ausschließlich im Bereich des Stirnhirns lagen und dabei ganz ausgezeichnete E.E.G.s erhalten. In meiner I. Mitteilung ist in Abb. 5¹ eine doppelseitige Nadelableitung des E.E.G. wiedergegeben, die von einem 19jährigen Mädchen herrührt, bei dem wegen einer Hypophysengeschwulst durch Herrn *Guleke* eine doppelseitige Entlastungsoperation nach *Cushing* ausgeführt worden war. Die als Elektroden dienenden Nadeln lagen rechts und links im obersten und vordersten Teil der Entlastungstrepanation auf der Dura. In meiner III. Mitteilung² habe ich in Abb. 1, 2, 15 und 16 E.E.G.s wiedergegeben, die von einem Mann herrühren, der, wie dort geschildert, einen Schädeldefekt im Bereich der Stirn hatte, so daß die eine Nadel von dem rechten, die andere von dem linken vordersten Teil des Stirnlappens von der Dura ableitete. Man sieht auch da, also weit entfernt von dem Occipitallappen, ein ausgezeichnetes E.E.G. Wenn man aber selbst diese Ableitungen nicht als beweisend halten sollte, so darf ich auf die Abb. 1—5 in der Arbeit von *Foerster* und *Altenburger* verweisen, die bei einer *unipolaren* Ableitung von der Stirnhirnrinde die Alphaschwingungen des E.E.G. einwandfrei zeigen. Es ist wohl unmöglich, da noch anzunehmen, daß diese Schwankungen lediglich im Occipitallappen entstanden seien, besonders wenn man das berücksichtigt, was oben über den Verlauf der Stromlinien bei einer unipolaren Ableitung gesagt wurde. Die beiden Herren, *Adrian* und *Matthews*, haben sich durch eine Tatsache irreführen lassen, die mich auch anfangs sehr beschäftigt hat, nämlich die Tatsache des gewaltigen Einflusses der geöffneten und geschlossenen Augen auf die Alphaschwingungen des E.E.G. Ich habe darüber in meinen früheren Arbeiten, namentlich aber in der II. Mitteilung, ausführlich berichtet. Als Beweis für ihre Ansicht, daß das E.E.G. im Occipitallappen entstehe und mit dem Sehvorgang etwas zu tun habe, führen *Adrian* und *Matthews* an, daß es bei drei schon längere Zeit Erblindeten vollständig fehle. Diese Feststellung würde natürlich von allergrößter Wichtigkeit für die Deutung des E.E.G. sein, wenn sie zuträfe. Ich habe schon von vornherein meine größten Zweifel an diesen Feststellungen gehabt, da unter den

¹ Berger, Hans: Arch. f. Psychiatr. 87, 541 (1929).

² Berger, Hans: Arch. f. Psychiatr. 94, 16 (1931).

300 Menschen, bei denen ich im Laufe der Jahre E.E.G.s aufgenommen habe, sich mehrere Blinde befanden. So war z. B. das oben erwähnte 19jährige Mädchen, bei dem wegen einer Hypophysengeschwulst nach *Cushing* doppelseitig eine Entlastungstrepanation ausgeführt worden war, seit Monaten erblindet und zeigte doch auf Abb. 5¹ ein kennzeichnendes E.E.G.! Ebenso habe ich bei anderen Erblinden früher wiederholt ausgezeichnete E.E.G.s aufgenommen. Allerdings waren das alles Leute, die erst vor einigen Wochen, allerhöchstens einigen Monaten erblindet waren, so daß der Einwand gemacht werden könnte, daß infolge der Kürze der Zeit eine entsprechende Umstellung im Großhirn noch nicht Platz gegriffen habe. Ich hielt also diese früheren Feststellungen gegenüber den bestimmten Angaben von *Adrian* und *Matthews* nicht für beweisend und habe gern die Gelegenheit ergriffen, Blinde zu untersuchen, bei denen die Erblindung seit vielen Jahren bestand wie in den von *Adrian* und *Matthews* untersuchten Fällen. Ich habe ebenfalls, wie diese Forscher, drei Blinde untersucht², bei denen die völlige Erblindung seit 15, 17 und 18 Jahren bestand. Bei allen drei Blinden gelang mir der Nachweis des E.E.G., so daß die Angabe von *Adrian* und *Matthews*, daß das E.E.G. bei Blinden fehle, nicht zutreffend ist. Bei einem 31jährigen Mann H. H., der vor 15 Jahren infolge eines aus nächster Nähe abgegebenen Schrotgeschusses vollständig erblindet ist und als Klavierstimmer sich sein Brot verdient, fand ich bei entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen ein E.E.G., wie es Abb. 2 wiedergibt. Man sieht ziemlich hohe Alphaschwingungen, die eine Länge von 110σ haben. Ich muß aber offen gestehen, daß ihre einwandfreie Darstellung bei einem Blinden nicht so einfach ist und daß mir die Fehlergebnisse von *Adrian* und *Matthews* durchaus verständlich erscheinen. Ich habe mit Silbernadeln von Stirn und Hinterhaupt abgeleitet, die, in Lokalanästhesie eingeführt, bis unter das Periost des Schädelknochens vorgeschoben waren. Auch bei einem zweiten Blinden H. A., der 51 Jahre alt war und in einer großen Fabrik mit der Prüfung von feinen Metallstücken betraut ist, habe ich das E.E.G. bei der Ableitung von Stirn und Hinterhaupt einwandfrei nachweisen können. Dieser Mann hatte als 5jähriges Kind sein linkes Auge durch eine Verletzung verloren und hatte das Unglück, daß ihm im Kriege vor 18 Jahren das rechte Auge durch einen Schuß zerstört wurde. Sehr viel wichtiger und einfacher gestaltete sich der Nachweis des E.E.G. bei einem dritten Blinden, dem 40jährigen A. F., der als Buchbinder tätig ist. Er hatte vor 17 Jahren durch eine Granatsplitterverletzung beide Augen verloren und war bei der gleichen Gelegenheit auf dem rechten Ohr hochgradig schwerhörig geworden. Wie schon oben erwähnt, ist die

¹ Berger, Hans: Arch. f. Psychiatr. 87, 541 (1929).

² Wie bei allen meinen bisherigen Untersuchungen über das E.E.G. hat auch diesmal wieder Herr Professor *Hilpert* mir mit Rat und Tat zur Seite gestanden, wofür ich ihm auch an dieser Stelle herzlich danke. Auch Herrn Dr. *Lemke* danke ich für seine treue Hilfe.

einwandfreie Darstellung des E.E.G. bei Blinden nicht so einfach. Bei dem Blinden, von dem Abb. 2 herröhrt, gelang eine gute Darstellung des E.E.G. erst bei einer zweiten, 8 Tage nach der ersten anberaumten Sitzung. — Welche Gründe sind nun für die Mißerfolge der englischen Forscher verantwortlich zu machen? Wie ich schon immer hervorgehoben habe, wirken Affektvorgänge, Schmerz, Sinnesreize, vom eigenen Körper oder der Außenwelt kommend, auf das E.E.G. ein und können seine Darstellung stören. Gehen wir zunächst auf die rein psychologischen Gründe ein, so wirkt eine Ängstlichkeit des zu Untersuchenden

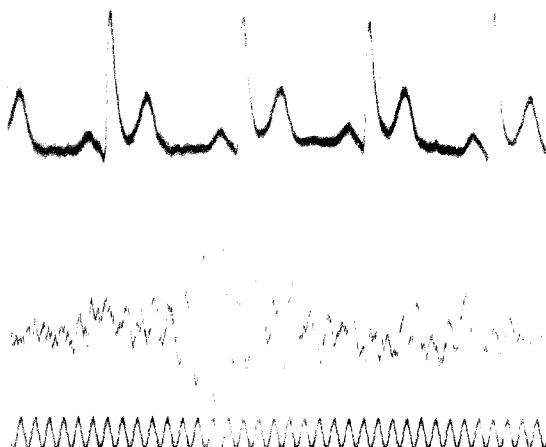


Abb. 2. H. H., 31 Jahre alt, seit 15 Jahren vollständig erblindet. Oben E.K.G. abgeleitet von beiden Unterarmen. In der Mitte E.E.G. abgeleitet mit Silbernadeln von der linken Stirn- und der rechten Hinterhauptsseite. Unten Zeit in $\frac{1}{10}$ Sek.

bei der Aufnahme des E.E.G. stark störend. Der Blinde weiß nicht, was mit ihm geschieht, und ist trotz aller gegenteiligen Versicherungen, da er eben nicht sehen kann, was um ihn herum vorgeht, bei der Aufnahme ängstlich, zum mindesten etwas mißtrauisch. Außerdem ist seine Aufmerksamkeit auf alle Vorgänge in seiner Umgebung gerichtet, über die er sich nur durch sein Gehörorgan orientieren kann. Es liegt bei dem Blinden eine ganz andere Koppelung der Aufmerksamkeitsvorgänge vor, als sie beim Vollsinnigen besteht. Der vollsinnige *Mensch ist ein „Seh-Wesen“*. Die Vorgänge der Aufmerksamkeit sind mit dem Sehvorgang auf das innigste verbunden und verwachsen: Ein Richten der Aufmerksamkeit auf einen Vorgang ist mit einer Einstellung der Augen und einer Akkommodation auf das engste verknüpft. Ja, es geht so weit, daß selbst bei der sog. Mimik des Denkens das Richten der Augen in die Ferne und eine Entspannung der Akkommodation eintreten. Aufmerksamkeit, willkürliche und unwillkürliche, sind fest mit dem Sehvorgang verbunden, verkoppelt, wenn ich so sagen darf. Ein Augenschluß bedeutet daher

auch im allgemeinen ein Ausschalten der willkürlichen Aufmerksamkeit, wenn sich der Betreffende nicht besonders vornimmt oder durch irgendwelche innere Einstellung veranlaßt wird, nun den Gehörreizen seine ganze Aufmerksamkeit zuzuwenden. Beim Blinden ist das aber ganz anders. Die Aufmerksamkeit kann mit dem verloren gegangenen Sehorgan nicht mehr verknüpft sein, wie dies in gesunden Tagen der Fall war. Die Aufmerksamkeit ist nunmehr mit den Gehör- und Tastreizen verbunden, und namentlich dann, wenn wegen der Entfernung der Tastsinn versagt, ist der Blinde ausschließlich auf sein Gehör angewiesen. Ein Augenschluß bei dem Blinden genügt also nicht, um die Aufmerksamkeit auszuschalten, da ja eine Änderung gegenüber den Reizen der Außenwelt dadurch gar nicht erzielt wird; die beiden Hauptsinne, das Tastorgan und namentlich das Ohr, bleiben doch angespannt tätig. Es ist daher bei der Aufnahme des E.E.G. bei einem Blinden, der übrigens genau wissen muß, was mit ihm geschehen soll und dessen volles Vertrauen man besitzen muß, auch jeder *Gehörsreiz* sorgfältig zu vermeiden. Aus diesen psychologischen und physiologischen Gründen sind meiner Ansicht nach die Aufnahmen von *Adrian* und *Matthews* gescheitert. Besonders lehrreich und beweisend ist in dieser Beziehung die Aufnahme des E.E.G. bei dem oben geschilderten dritten Blinden A. F., der zwei Glasaugen trug und auf dem rechten Ohr taub war. Der Mann, der mich schon lange kannte, dessen volles Vertrauen ich besaß und der sich gern der Untersuchung unterzog, zeigte gleich bei der ersten Aufnahme ein E.E.G., wie es Abb. 3 wiedergibt. Ich hatte vorsichtshalber ihn den Kopf in halber Seitenlage auf das linke, gute Ohr, das außerdem noch mit Watte verschlossen war, legen lassen, so daß praktisch auch das Gehörorgan im wesentlichen ausgeschaltet war. Man sieht auf der Abbildung ein normales E.E.G., dessen Alphaschwingungen eine Länge von 120 σ haben. Insofern ist doch diese, durch den Widerspruch von *Adrian* und *Matthews* veranlaßte Aufnahme des E.E.G. bei Blinden äußerst interessant, indem sie wieder die große Bedeutung *psychischer Vorgänge*, der Affektlage, der Ablenkung durch nicht beabsichtigte Reize für den Ablauf des E.E.G. des Menschen zeigt. Zur Feststellung einer gemütlichen Erregung, ferner der Einhaltung einer ruhigen Lage bei dem Untersuchten leistet das von mir jeweils mit dem E.E.G. gleichzeitig aufgenommene E.K.G. ganz ausgezeichnete Dienste. Da ich bei jeder Untersuchung mindestens 6 m schreibe, so ist z. B. die Feststellung der jeweiligen Pulszahl eine Kleinigkeit, die sich aber sehr verlohnt. Ich habe auch die größten Bedenken gegen Aufnahmen von E.E.G.s auf dem Operationstisch, soweit es sich da nicht um ganz einfache Untersuchungen handelt. Die ungewöhnliche Lage, die Erwartung der Operation, die Einwirkung der verschiedensten Reize der ganz neuen Umgebung sind bei der Deutung der Versuchsergebnisse in Rechnung zu stellen und bilden oft Faktoren, die in ihrer Bedeutung unüberschbar sind. So bin ich auch ganz anderer Meinung als *Adrian* und *Matthews* bezüglich der Deutung des von ihnen in Abb. 16 ihrer

Arbeit wiedergegebenen E.E.G., das bei einer unmittelbaren bipolaren Ableitung von der Großhirnrinde des Parietallappens gewonnen wurde. Ich bin nämlich der Meinung, daß das *vor* der Operation gewonnene E.E.G. das normale ist, da sich das Gehirn an den bestehenden Druck und an die veränderte Zirkulation im Laufe der Zeit trotz der sichtbaren Stauung weitgehend angepaßt hatte. Dafür spricht nämlich die Tatsache, daß die Alphaschwingungen eine normale Länge von 100σ haben. *Nach* dem operativen Eingriff, der schwere, auch für die der Operationsstelle benachbarten oder auch weiter entfernten Ableitungsstellen sich notwendig geltend machende Veränderungen gesetzt hat, erhalten die Untersucher *Adrian* und *Matthews* ein pathologisches, nicht zu deutendes E.E.G., das *sie* für normal erachten, das es aber nach meinen Erfahrungen durchaus nicht ist. Dies nur nebenbei! Daß meine oben gegebene Deutung über die andere Kopplung der Aufmerksamkeitsvorgänge als erschwerendes Moment bei der Aufnahme des E.E.G. von seit vielen Jahren Erblindeten die richtige ist, geht auch aus folgender Beobachtung an *Taubstummen* hervor. Bei einem Taubstummen ist noch mehr wie bei einem Vollsinnigen die Aufmerksamkeit mit dem Sehvorgang verknüpft: Ich erinnere nur an das Ablesen der Worte von den Lippen, an die ständige optische Aufmerksamkeit, die auch sonst jeder intelligente Taubstumme als auffallendste Erscheinung darbietet. Man erhält daher von Taubstummen, dessen Vertrauen der Untersucher besitzt, sofort ausgezeichnete E.E.G.s, sowie die optische Aufmerksamkeit durch Augenschluß ausgeschaltet wird. Abb. 4 röhrt von einem 20jährigen Schuhmacher W. S. her. Er hat, nachdem er sich als Kind regelrecht entwickelt und sprechen gelernt hatte, etwa im 2. Lebensjahr eine schwere Meningitis durchgemacht, die zu seiner völligen Ertaubung führte. Er verlernte die Sprache wieder vollständig und hat später Taubstummenunterricht gehabt. Er ist ein intelligenter, sehr aufgeweckter junger Mann. Man sieht auf Abb. 4 hohe Alphaschwingungen, die eine Länge von 100σ darbieten. — Ich muß also auf Grund eigener Untersuchungen der Behauptung von *Adrian* und *Matthews*, daß das E.E.G. sich bei Blinden nicht finde, entschieden

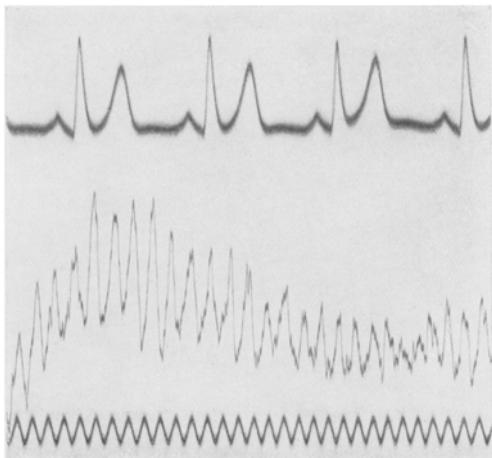


Abb. 3. A. F., 40 Jahre alt. Seit 17 Jahren völlig erblindet. Oben E.K.G. abgeleitet von beiden Unterarmen. In der Mitte E.E.G. abgeleitet mit Silbernadeln von der linken Stirn- und der rechten Hinterhauptsseite. Unten Zeit in $\frac{1}{10}$ Sek.

widersprechen. Es ist unter den nötigen Vorsichtsmaßregeln von mir bei drei Blinden, bei denen die Erblindung seit 15, 17 und 18 Jahren bestand, einwandfrei nachgewiesen worden. Ebenso widerspreche ich auf Grund eigener Untersuchungen und auf Grund der Ergebnisse von *Foerster* und *Altenburger* der Behauptung der englischen Forscher, daß das E.E.G. lediglich im Occipitallappen entstehe. Das E.E.G. entsteht *allüberall* in

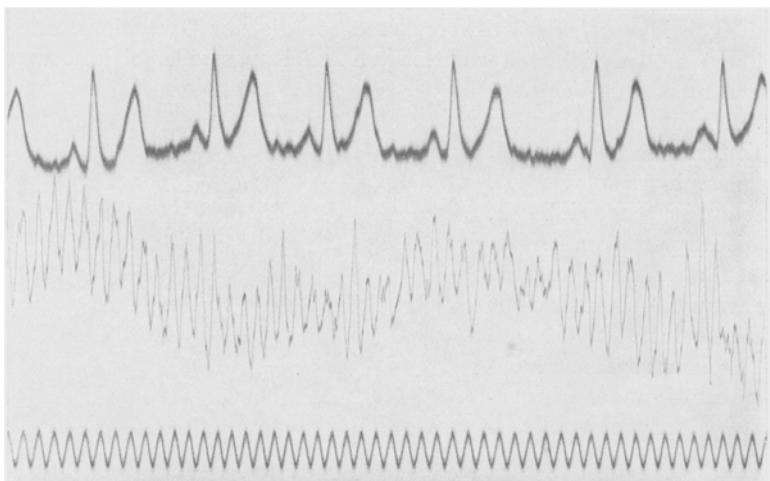


Abb. 4. W. S., 20 Jahre alt. Taubstumm. Oben E.K.G. abgeleitet von beiden Unterarmen. In der Mitte E.E.G. abgeleitet mit Silbernadeln von der linken Stirn- und der rechten Hinterhauptsseite. Unten Zeit in $\frac{1}{10}$ Sek.

der Großhirnrinde und stellt eine gerichtete Tätigkeitswelle der Großhirnrinde dar, wie ich dies namentlich in meiner 6. Mitteilung¹ gezeigt habe. Es kommt im E.E.G. eine *Grundfunktion*² des menschlichen Großhirns zum sinnfälligen Ausdruck, die zu den psychophysischen Vorgängen in innigster Beziehung steht. Dies zeigt ja gerade wieder der oben auseinander gesetzte innige Zusammenhang mit den Aufmerksamkeitsvorgängen, der wichtigsten psychophysischen Funktion. Ich halte es daher auch für richtiger, bei dem von mir, als dem Entdecker dieser Potential schwankungen beim Menschen, gegebenen Namen des E.E.G. zu bleiben, als auf die von *Adrian* und *Matthews* so ehrenvoll für mich gewählte Bezeichnung überzugehen!

¹ Berger, Hans: Arch. f. Psychiatr. **99**, 568 (1933).

² Naturwiss. **1935**, H. 8, 124.