

Über das Elektrenkephalogramm des Menschen.

Sechste Mitteilung.

Von

Hans Berger, Jena.

Mit 7 Textabbildungen.

(Eingegangen am 1. Februar 1933.)

Wie ich in meinen Veröffentlichungen immer wieder hervorgehoben habe, erhält man bei geistiger und körperlicher Ruhe bei ein und demselben Menschen bei der Verwendung verschiedener hochempfindlicher Galvanometer zu verschiedenen Zeiten immer das gleiche Elektrenkephalogramm, dessen Haupt- oder Alpha-Wellen (= α -W.) eine bestimmte Länge darbieten. Ich habe nun viele Untersuchungen¹ über die Veränderung des Elektrenkephalogramms (= E.E.G.) unter der Einwirkung von Schreckkreisen angestellt, wobei es natürlich sehr leicht durch unwillkürliche Bewegungen zu Entstellungen des E.E.G. kommt. Aber in den Fällen, wo diese so zurücktreten, daß sie die Aufnahme nicht stören, findet man, daß der Schreckkreis, wie jeder Reiz, der die Aufmerksamkeit fesselt, zu einem Spannungsabfall und einem Ausfall der Hauptwellen des E.E.G. führt. Nach kurzer Zeit kehren dann die Hauptwellen wieder. Es kommt aber noch wiederholt zu ihrem Aussetzen und zu ihrer Wiederkehr, bis sich das E.E.G. in der Form herstellt, in der es vor der Einwirkung des Schreckkreises verlief. Bei einem 25jährigen Arzt, der sich über eine unerwartet losgehende Knallerbse lebhaft erschreckt hatte, hielt der Spannungsabfall zunächst 19 Sek. an; es kam dann zu einem 5 Sek. anhaltenden Anstieg der Spannung, und dann setzte ein erneuter Abfall ein, der wieder 17 Sek. anhielt. Bei anderen Versuchspersonen war der zeitliche Ablauf dieses An- und Abschwundens der Nachwirkungen des Schreckkreises ein anderer. Die Dauer des ersten Spannungsabfalls und seine öftere Wiederkehr, endlich die Länge des jeweils wiederkehrenden Abfalls hängen von der Größe der Affektwirkung ab. Genaue Nachmessungen der Länge der α -W. bei ihrer Wiederkehr nach dem Schreckkreis haben wiederholt erkennen lassen, daß sie erheblich, bis auf die Hälfte der früheren Länge, verkürzt sein kann. Diese Befunde gaben nun den Schlüssel zur Beurteilung von E.E.G's. mancher gesunder Personen, bei denen sich eine

¹ Wie bei allen diesen Arbeiten war mir Herr Hilpert wieder ein treuer Helfer, wofür ich ihm auch an dieser Stelle herzlich danke.

auffallende Verkürzung der α -W. fand. Es handelte sich dabei durchweg um solche Leute, die der Aufnahme des E.E.G. trotz ihrer gegenteiligen Versicherung mit einem gewissen Bangen entgegengesahen. Ein Beispiel eines solchen E.E.G. zeigt Abb. 1, die von einer gesunden Dame herführt, die sich selbst zur Aufnahme des E.E.G. mir angeboten hatte. Man sieht, daß die α -W. gegenüber einem Ruhezustand erheblich verkürzt sind und nur eine Länge von 55σ darbieten, während ich immer wieder als normale Durchschnittslänge eine solche von $90-120\sigma$ angegeben habe. Aus anderen Kurven, bei denen gleichzeitig das Elektrokardiogramm geschrieben wurde, hat sich eine nicht unerhebliche Pulsbeschleunigung während dieser Aufnahmen nachweisen lassen. Es ist

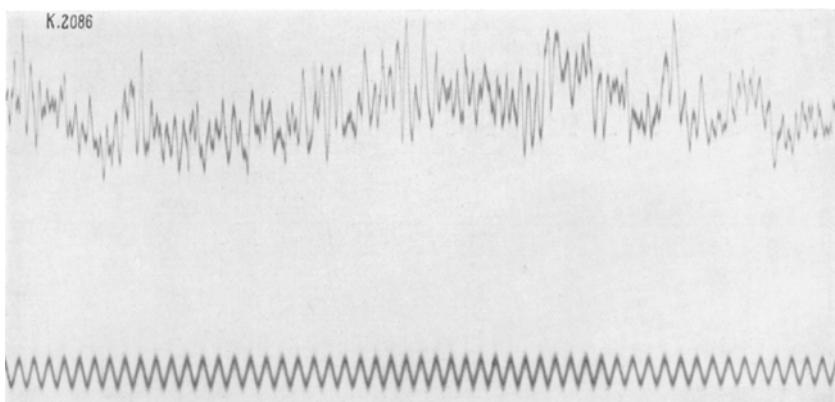


Abb. 1. Frau K., 29 Jahre alt, in Gemütserregung. Oben E.E.G. aufgenommen mit dem Oscillographen, unten Zeit in $\frac{1}{10}$ Sek.

dies ein Beweis dafür, daß von einer gemütlichen Ruhe also nicht die Rede sein konnte. Auf Grund solcher Aufnahmen, bei denen stets eine gewisse Pulsbeschleunigung festgestellt wurde, bin ich zu der Überzeugung gekommen, daß unter der Einwirkung von ängstlicher Erregung es zu einer Verkürzung der α -W. beim Gesunden kommen kann. In sehr ausgeprägten Fällen zeigt sich, daß es aber nicht nur zu einer Verkürzung der Hauptwellen bis auf die Hälfte ihrer normalen Länge kommt, sondern daß auch eine Abnahme ihrer Spannungshöhe eintritt. Die α -W. werden niedriger. Bei einem Vergleich der E.E.G.'s. verschiedener Menschen, wird man also auch die Einwirkung einer gemütlichen Erregung durch die Aufnahme selbst, ebenso wie ablenkende Reize, mitberücksichtigen müssen. Namentlich wird man bei der Aufnahme der E.E.G.'s. von Großhirnkranken die Einwirkung einer etwaigen gemütlichen Erregung mit in Betracht zu ziehen haben. Es ist das ein Umstand mehr, der das Vergleichen erschweren kann. Jedoch habe ich bei Krankheitszuständen ausgesprochener Art ausnahmslos eine *Verlängerung* der Hauptwellen des

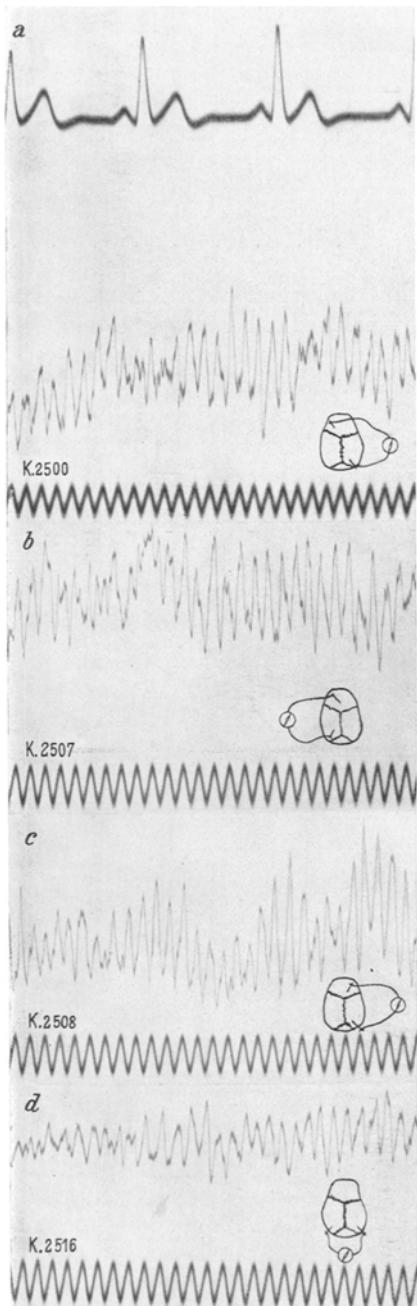
E.E.G. über 120 σ hinaus gefunden. Immerhin wird bei weiteren Untersuchungen also auch auf eine affektiv bedingte Verkürzung der α-W. Rücksicht zu nehmen sein.

Die α-W. haben, wie ich in meiner fünften Mitteilung hervorgehoben habe, auch bei verschiedenen Ableitungen bei ein- und demselben Menschen die gleiche Länge. Sie haben, wie ich noch hinzufügen möchte, auch die gleiche Form, selbst wenn die Elektroden, die zur Ableitung dienen, an ganz verschiedenen Schädelstellen liegen. Bei verschiedenen Ableitungsstrecken wächst die Spannung des E.E.G. mit der Größe der Entfernung der beiden Ableitungsstellen voneinander. Jedoch behalten die α-W. ihre Form und Länge bei, obwohl dabei doch die ableitenden Elektroden über ganz verschieden gebauten Rindengebieten zu liegen kommen. Auch dann, wenn von der Dura innerhalb einer Knochenlücke abgeleitet wird und man das so erhaltene E.E.G. mit einem gleichzeitig aufgenommenen E.E.G., dessen Ableitung vom ganzen Schädel erfolgt, vergleicht, erhält man die gleiche Form und Länge der α-W. Ich möchte dies ausdrücklich für das E.E.G. des *Menschen* hervorheben. Diese Feststellung stimmt auch mit den von *Travis* und *Dorsey*¹ mitgeteilten Tierversuchen bei gleichzeitiger mehrfacher Ableitung überein, so weit dies aus dem Bericht in dem Zentralblatt zu ersehen ist. Es wird dort ausdrücklich hervorgehoben, daß bei der Ableitung von ganz verschieden gebauten Feldern der Tierhirnrinde sich immer der gleiche Aktionsstrom ergeben habe. Mit diesen Befunden am Tier stehen nun die Untersuchungen *Kornmüllers*², die ebenfalls am Tier angestellt sind, in einem gewissen Widerspruch. *Kornmüller* hat nicht nur die alte Feststellung, daß bei Sinnesreizen im zugehörigen Rindenzentrum Ströme auftreten, bestätigen können, sondern ist auch auf Grund seiner Ergebnisse der Ansicht, daß die Aktionsströme je nach dem anatomischen Bau der Rindengebiete, von denen sie abgeleitet werden, auch in Form und Verlauf verschieden sind. In diesem Sinne ist auch die Äußerung von *Fischer*³ zu verstehen, wenn er mitteilt, daß die spontanen elektrischen Schwankungen beim Tier in verschiedenen Rindengebieten verschieden verlaufen. Es besteht also hinsichtlich der Ergebnisse im *Tierversuch* keine Übereinstimmung. Beim *Menschen* ist es aber jedenfalls so, daß das von den verschiedensten Rindengebieten, sei es vom Schädel als Ganzes oder auch von verschiedenen gelegenen Schädelrücken, abgeleitete E.E.G. bei ein und demselben Menschen immer dieselbe Form der Hauptwellen aufweist, mögen die Rindengebiete, über denen die

¹ *Travis* and *Dorsey*: Action current studies of simultaneously active disparate fields of the central nervous system of the rat. Ref. Zbl. Neur. **65**, 635 (1932).

² *Kornmüller*, A. E.: Architektonische Lokalisation bioelektrischer Erscheinungen auf der Großhirnrinde. J. Psychol. u. Neur. **44**, 447 (1932).

³ *Fischer*, M. H.: Elektrobiologische Erscheinungen an der Hirnrinde. Pflügers Arch. **230**, 161 (1932.)



Nadelelektroden liegen, ganz verschieden gebaut sein und dementsprechend auch ganz verschiedenen Aufgaben dienen. Namentlich Doppelableitungen zeigen dies in einwandfreier Weise, von denen ich bereits mehrere in Abb. 4, 5, 6 und 28 meiner 3. Mitteilung veröffentlicht habe. Auch Doppelableitungen von verschiedenen Stellen des unversehrten Schädels lassen dies erkennen. Ich gebe hier nacheinander mit dem Oscillographen aufgenommene E.E.G.'s. von ein und demselben 24jährigen Arzt wieder, bei denen man die Ableitungsart aus den kleinen Zeichnungen, die ich in die Kurven eingetragen habe, auf Abb. 2 ersieht. Die Hauptwellen sind überall gleich; es kommen nur geringe Schwankungen der Längen, die sich zwischen 85 σ und 92 σ bewegen, vor, wie sie sich auch sonst bei ein und derselben Ableitung im Verlaufe eines längeren Kurvenstückes finden. Man gewinnt aus derartigen Aufnahmen, noch überzeugender aus Doppelableitungen, wie ich sie früher veröffentlicht habe, unbedingt den Eindruck, daß es sich bei all diesen Ableitungen von verschiedenen Gegenden des Großhirns um die Untersuchung ein und desselben im E.E.G. zum Ausdruck kommenden Vorganges handelt. Er ist unabhängig von dem Bau und der Leistung des an der Ableitungsstelle gerade vorliegenden

Abb. 2. Dr. W., 24 Jahre alt. 4 verschiedene Ableitungen des E.E.G. aufgenommen mit dem *Oscillographen*. Auf Kurve a oben das E.E.G. abgeleitet von beiden Armen und aufgenommen mit dem Spulengalvanometer. Zeit in $\frac{1}{10}$ Sek. Der jeweilige Ort der Ableitungen ist an den kleinen Schädelbildern ersichtlich.

Großhirnrindengebietes. Ausdrücklich möchte ich aber noch hervorheben, daß man auch in Krankheitsfällen die Veränderung der α -W. des E.E.G. bei den verschiedensten Ableitungen nachweisen kann. So tritt z. B. die erhebliche Verlängerung der Hauptwellen der E.E.G. bei einer epileptischen Demenz an einer Ableitung, die von Stirn und Hinterhaupt gemacht wird, genau so deutlich zutage wie bei einer Ableitung, bei der die Nadeln über dem rechten und linken Scheitelhöcker liegen. Diese Einheitlichkeit des Vorgangs, der durch das E.E.G. dargestellt wird, zeigte sich auch darin, daß es auf die verschiedensten Sinnesreize, denen die Aufmerksamkeit zugewendet wird, immer in der gleichen Weise, und zwar bei den verschiedensten Ableitungen antwortet. Dabei tritt immer wieder eine geradezu staunenerregende Empfindlichkeit des E.E.G. gegenüber störenden Sinnesreizen zutage, so daß z. B. schon ein zufälliges Knacken des Stuhles des Versuchsleiters die Aufmerksamkeit der Versuchsperson so auf sich lenken kann, daß andere Untersuchungen unmöglich werden. Man muß also nach den Ergebnissen meiner Untersuchungen annehmen, daß an allen Stellen der Hirnrinde außerhalb des von dem Reiz getroffenen Sinneszentrums ein Absinken der Spannung des E.E.G. und ein vorübergehendes Schwinden der α -W. eintritt, wie dies namentlich Abb. 3 und 4 in der vierten Mitteilung zeigen. Die Tierversuche beweisen dagegen — und da können wir uns nunmehr auf die schönen Kurven von *Kornmüller* und *Fischer* stützen —, daß in dem zugehörigen Sinneszentrum auf den entsprechenden Reiz hin ein in einzelnen Schwankungen verlaufender Aktionsstrom auftritt. Wir werden daher, wie ich schon 1930 hervorgehoben habe, für den *Menschen* ein gleiches annehmen können. Wir kommen deshalb zu einer Auffassung, wie sie in Abb. 3 im Entwurf dargestellt ist.

A. soll zur Anschauung bringen, daß man bei geistiger und körperlicher Ruhe bei allen Ableitungen von a b, b c, c d, d e, e f die gleichen α -W. erhält, natürlich auch bei Ableitung von a f usw., wobei dann entsprechend den früheren Ausführungen die Höhe der α -W. zunimmt. B. stellt die gleichzeitige Ableitung von denselben Stellen dar, wenn eine Berührung an der gegenüberliegenden Hand stattgefunden hat. Es kommt dann an den Stellen a b c e f zu einem Absinken der Spannung des E.E.G. und zu einem Fehlen der α -W. Nur an der Stelle d, die dem gereizten Sinneszentrum entspricht, kommt es zu einem erheblichen Anstieg der α -W. a soll dann nochmals eine fortlaufende Aufnahme des E.E.G. an der Stelle a veranschaulichen, während bei der mit 1 Sek. bezeichneten Stelle die Berührung der gegenüberliegenden Hand stattgefunden hat. Es kommt zu einem Abfall der Spannung und zu einem Ausfall der α -W., der sich hier auf der Zeichnung von 1—2 Sek. ausdehnt. d soll eine fortlaufende Aufnahme des menschlichen E.E.G. bei Ableitung von einem tätigen Sinneszentrum zur

Anschauung bringen, wie es aus Tierversuchen erschlossen werden muß. Kurz vor 1 Sek. hat die Berührung wieder stattgefunden; die α -W. des E.E.G. nehmen an Höhe zu und überschreiten eine gewisse Grenze, die hier als J—S, innere Schwelle im Sinne Fechners¹, bezeichnet ist. Diese Höhenzunahme hält in der Darstellung von 1—2 Sek. an, um dann

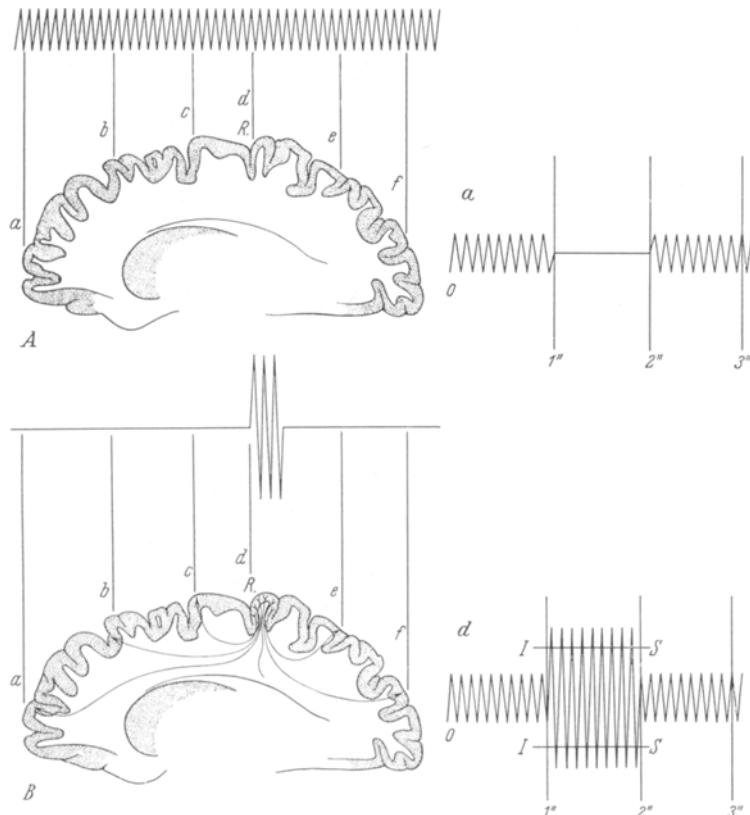


Abb. 3. Entwurf. Erklärung im Text.

wieder dem gewöhnlichen Verlauf des E.E.G. Platz zu machen. Ich möchte aber ausdrücklich hervorheben, daß bisher niemand diesen Verlauf des E.E.G. im Gebiet eines tätigen Sinneszentrums der Hirnrinde beim Menschen gesehen hat. Dieser Verlauf ist lediglich aus Tierversuchen, wie sie von *Caton*, *Beck*, *Fleischl* und vielen anderen, und neuerdings von *Kornmüller* und *Fischer* angestellt wurden, erschlossen! Den Spannungsabfall und das Aussetzen der α -W. außerhalb des Arbeitszentrums habe ich in zahlreichen Untersuchungen nachweisen können.

¹ *Fechner*: Elemente der Psychophysik. 2. Teil, S. 377.

Diese Hemmung des Ablaufs des E.E.G. an allen von dem Reiz nicht unmittelbar betroffenen Rindenstellen kann doch nur den Zweck haben, die Leistungsfähigkeit im Arbeitszentrum selbst zu steigern oder doch die Bedingungen zu schaffen, die zum Zustandekommen einer bewußt werdenden Empfindung erforderlich sind. Schon *Fechner* nahm an, daß die psychophysische Bewegung, die er sich in der Form von Schwingungen vorstellte, eine gewisse Größe erreicht haben muß, damit sie mit Bewußtseinserscheinungen verbunden sei. *Jodl*¹ hat darauf hingewiesen, daß gegen eine solche Auffassung vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus keine grundsätzlichen Bedenken bestehen, da uns allenthalben die Naturbetrachtung zeige, daß Steigerungen, die scheinbar nur quantitative sind, von einem gewissen Grad an auch qualitative Änderungen bedeuten. So führe die stetige Druckerhöhung bei niedriger Temperatur zur Verflüssigung eines Gases; die Flüssigkeit habe Eigenschaften, die in dem Gas nicht einmal rudimentär enthalten seien. Man hat gegen eine solche Auffassung immer wieder den alten *Linnéschen Spruch* „*Natura non facit saltus*“ angeführt, der aber im Hinblick auf die moderne Quantentheorie und andere neuere Anschauungen der Naturwissenschaft an Überzeugungskraft wesentlich eingebüßt hat. Jedenfalls ist diese Auffassung der Vorgänge die am nächsten liegende, besonders in Berücksichtigung der Tatsache, daß wir wohl ihre wahre Natur doch niemals entschleiern werden.

Auch bei der geistigen Arbeit, und zwar bei ihren *verschiedensten* Formen, treten bei der Ableitung von den *verschiedenen* Gegenden des unversehrten und auch des trepanierten Schädels immer die *gleichen* Veränderungen des E.E.G. in der Form eines Absinkens seiner Spannung mit dem vorübergehenden Ausfall oder dem Niedrigerwerden der α -W. zutage. Dabei zeigt sich noch etwas, was in der Abb. 4 zum Ausdruck kommt.

Es handelt sich da um den kleinen Ausschnitt einer sehr langen Kurve, die von einem 24jährigen Arzt während der Lösung einer ihn sichtlich anstrengenden, eingekleideten Kopfrechenaufgabe aufgenommen wurde. Es sind auf dieser Abbildung zwei gleichzeitige Ableitungen des E.E.G. zu zwei voneinander getrennten Galvanometern enthalten. Es wurde von der rechten Schädelseite zu einem Spulengalvanometer, von der linken Schädelseite zu einem Oscillographen abgeleitet. Da die Lichtpunkte nicht genau senkrecht übereinanderstehen, sind gleichzeitige Kurvenpunkte durch eingetragene Tuschelinien verbunden. Man sieht, wie das E.E.G. von Zeit zu Zeit bei a, b, c und d immer wieder die Form annimmt, die es während einer geistigen Arbeit oder der Fesselung der Aufmerksamkeit durch einen Sinnesreiz anzunehmen pflegt. Am deutlichsten ist diese Veränderung im Beginn von b, am wenigsten ausgesprochen im Beginn von d, und zwar immer deutlicher an der unteren,

¹ *Jodl*: Lehrbuch der Psychologie. Bd. 1, S. 44. Stuttgart 1903.

der Oscillographenkurve. Hinter a, hinter b und hinter c treten die großen α -W. auf, wie sie sich im Zustande der Ruhe finden. Man erkennt

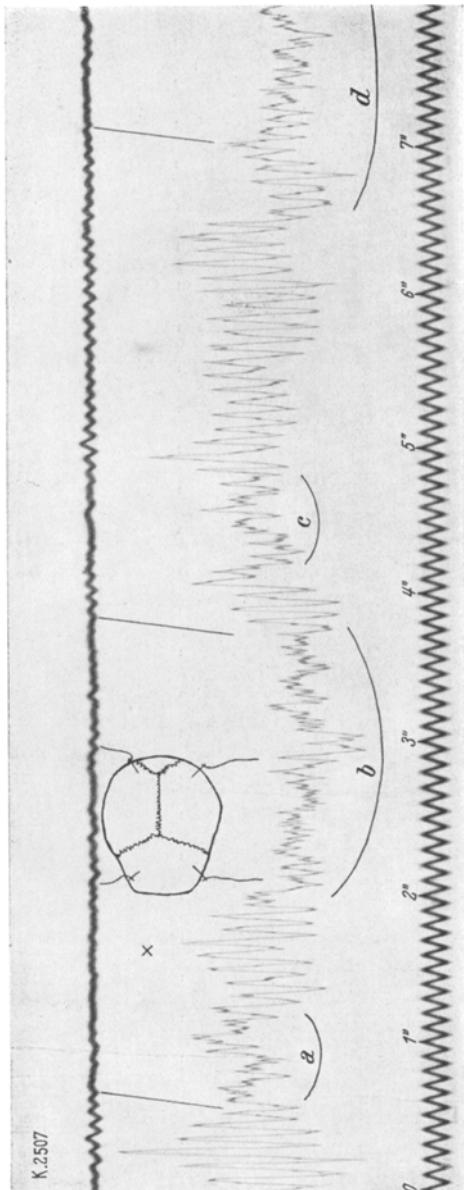


Abb. 4. Dr. W., 24 Jahre alt. Oben E.E.G. abgeleitet von der rechten Schädelseite zum Spülengaurometer, in der Mitte E.E.G. abgeleitet von der linken Schädelseite zum Oscillographen. Unten Zeit in $\frac{1}{10}$ Sek. — Aufnahme während der Lösung einer schwierigen, eingekleideten Rechenaufgabe, die längere Zeit erfordert. Gleichzeitige Punkte beider E.E.G.s sind durch Tuschelinien verbunden.

¹ Pflüger, E.: Über den elementaren Bau des Nervensystems. Pflügers Arch. **112**, 1 (1906).

haben wir zwei Vorgänge in der Großhirnrinde auseinanderzuhalten: 1. die Erregungsvorgänge, denen psychische Erscheinungen entsprechen, und 2. Leitungsvorgänge, die ohne solche psychische Begleiterscheinungen ablaufen. Man könnte sich also auch denken, daß nur die Erregungsvorgänge in der Hirnrinde hemmend auf ihre anderen Teile wirken und die sich ständig einschiebenden Leitungsvorgänge, die natürlich eine gewisse Zeit beanspruchen, ohne solche hemmende Fernwirkung auf die gesamte Rinde bleiben. Wir würden auch bei dieser Annahme dasselbe zusammengesetzte Bild einer länger dauernden psychischen Arbeit im E.E.G. erhalten. Für die Auffassung, daß es sich bei dem Abfall der Spannung des E.E.G. infolge der Einwirkung eines Sinnesreizes oder während einer geistigen Arbeit in der Tat um Hemmungswirkungen handelt, sprechen auch die Ergebnisse von Rindenreizversuchen, über die Bechterew¹ an der Hand von Untersuchungen Wedenski's berichtet hat. Wedenski konnte im Tierversuch zeigen, daß bei der Reizung eines motorischen Rindenfeldes der einen Hemisphäre die Erregbarkeit des entsprechenden Rindenfeldes der anderen Seite herabgesetzt und die Erregbarkeit des antagonistischen Rindenzentrums gesteigert wird. Man muß also annehmen, daß die Erregung des einen Zentrums hemmend und bahnend auf die Erregbarkeit anderer Rindenzentren einwirkt. Beim Menschen haben die schönen Untersuchungen von Braunstein und Weiler² es höchstwahrscheinlich gemacht, daß die Pupillenerweiterung unter der Einwirkung psychischer Reize, die sog. Psychoreaktion der Pupille, auf einer Hemmung des Sphinctertonus beruht, die von der Hirnrinde ausgeht. Bumke³ hat sich für diese Annahme ausgesprochen und hervorgehoben, daß die Hemmung des Sphinctertonus wahrscheinlich von dem größten Teil der Hirnrinde aus erfolge. Die Untersuchungen der Latenzzeit dieser Psychoreaktion der Pupille stehen mit den Ergebnissen meiner Messungen über die Zeit, die verfließt, bis die Hemmungswirkung sich am E.E.G. zeigt, in gutem Einklang. Die Veränderung am E.E.G. tritt nämlich erheblich früher ein. Weiler gibt als kürzeste Zeit für *sensible* Reize, wo zu der Hemmung des Sphinctertonus noch ein Eingreifen des Dilatator pupillae wahrscheinlich hinzukommt, eine Latenzzeit von 0,44 Sek. an, während ich die Veränderung am E.E.G. bei einem Sinnesreiz schon nach 0,23 Sek. fand. Diese letzte Zahl führt zu einer wichtigen Überlegung. Ziehen⁴ gibt 200 σ als die sensorielle Reaktionszeit bei Hautreizen an, die auf einen Finger einwirken. Es sind in dieser sensoriellen Reaktionszeit die zentripetale Leitung, der zentrale Vorgang und die zentrifugale Leitung mit allen den verschiedenen Latenzzeiten enthalten.

¹ Bechterew: Die Funktionen der Nervenzentra. H. 3, S. 1388. Jena 1911.

² Weiler: Untersuchungen der Pupille und Irisbewegungen beim Menschen.

Z. Neur. 2, 101 (1910).

³ Bumke, O.: Die Pupillenstörungen bei Geistes- und Nervenkrankheiten.

2. Aufl. Jena 1911.

⁴ Ziehen: Physiologische Psychologie. 12. Aufl. S. 541. Jena 1924.

Für die zentripetale Leitung und den zentralen Vorgang kann man also die Hälfte = 100σ annehmen und hat dabei sicher den Wert noch etwas zu hoch gegriffen. Bei einer V.P. trat bei der Berührung eines Fingers nach 0,23 Sek., nach 230σ , der Abfall am E.E.G. ein, das von Stirn und Hinterhaupt abgeleitet wurde. Nimmt man nun an, daß dieser Reiz von der Haut bis zu der Einwirkung auf das sensorische Zentrum der hinteren Zentralwindung ebenfalls 100σ gebraucht habe, so würden $230 - 100 = 130 \sigma$ für die zentrale Leitung des Hemmungsvorgangs von der hinteren Zentralwindung nach den Ableitungsstellen und für Latenzzeiten übrigbleiben. Es ist dies mehr Zeit, als die Leitung von dem Finger bis zur Rinde einschließlich aller Latenzzeiten in Anspruch genommen hat. Jedenfalls geht aber das eine daraus hervor, daß die zentrale Leitung erheblich langsamer als die periphere Leitung zu verlaufen scheint. Ich habe schon an anderer Stelle¹ darauf hingewiesen, daß die Leitung in den Fasern des menschlichen Hirnstamms und Rückenmarks, z. B. in den Pyramidenfasern, wesentlich langsamer erfolgen müsse als in den peripheren Nerven, was schon Tierversuche wahrscheinlich gemacht hatten. Wir müssen nun annehmen, daß im Großhirn selbst ein weiterer erheblicher Abfall der Leitungsgeschwindigkeit auch gegenüber dem Rückenmark und Hirnstamm eintritt, da dies die eben angestellten Überlegungen wahrscheinlich machen. Dieser zentralwärts zunehmenden Verlangsamung der Leitung in den Fasersystemen entspricht der gleiche Vorgang im nervösen Grau, dessen Erregungszustände ebenfalls zentralwärts immer langsamer ablaufen, und in der Rinde selbst kommen von den Hauptwellen der E.E.G. nur 8—11 auf 1 Sek.

Wie ich früher ausführlich auseinandergesetzt habe, entsteht die α -W. des E.E.G. in der menschlichen Hirnrinde selbst. Es stellt wohl elektrische Begleiterscheinungen der verschiedenen Zustände der Ruhe und der Erregung der Rindenzellen dar. Diese Annahme hat durch die tierexperimentellen Untersuchungen von *Bishop* und *Bartley*² eine weitere Stütze erhalten. Sie kommen zu dem Ergebnis, daß es Potentiale von Ganglienzellen und nicht von Nervenfasern seien, die in den elektrischen Begleiterscheinungen, die von der tierischen Hirnrinde abgeleitet werden können, zum Ausdruck kommen. Man kann, wie *Wachholder*³ mit Recht hervorgehoben hat, annehmen, daß zwischen meinen beiden Ableitungsstellen eine Unzahl von Nervenzellen von ganz verschiedener Funktion und verschiedenem Bau, worauf oben nochmals ausdrücklich hingewiesen wurde, eingeschaltet sind. Als Summe der

¹ Berger, H.: Zur Physiologie der motorischen Region des Menschen usw. Arch. f. Psychiatr. **77**, 321 (1926).

² Bishop and Bartley: Electrical activity of the cerebral cortex as compared to the action potential of excised nerve. Ref. Zbl. Neur. **65**, 634 (1932).

³ Wachholder, K.: Die allgemeinen physiologischen Grundlagen der Neurologie. Fortschr. Neur. **4**, H. 2, 90 (1932).

Erregungsäußerung aller dieser dazwischengeschalteten Nervenzellen ergibt sich das verhältnismäßig einfach gebaute E.E.G. mit seinen Hauptwellen, die ein periodisches An- und Abschwellen zeigen. Wenn das „Alles-oder-nichts-Gesetz“ auch für die Hirnrinde Geltung hat, was von der einen Seite behauptet, von der anderen bestritten wird¹, so müßte man annehmen, daß die Zahl der jeweils tätigen Nervenzellen wechselt. Das rhythmische An- und Abschwellen der Spannung des E.E.G. kommt dann dadurch zustande, daß eine Anzahl der zwischengeschalteten Nervenzellen in den völligen Ruhezustand eintritt, um nach kurzer Pause ihre volle Tätigkeit wieder voll aufzunehmen. *Herring*² hat hervorgehoben, daß alle Körperorgane nicht gleichzeitig in allen ihren Teilen sich in Tätigkeit befinden, sondern daß in ihnen Zeiten der Ruhe und der Tätigkeit ständig abwechseln, indem die einen Zellen tätig sind, während die anderen ausruhen. Er hat dies als das Gesetz der Fluktuation bezeichnet. Diese Fluktuation haben wir wohl im An- und Abschwellen des E.E.G. vor uns.

Bei meinen weiteren Untersuchungen hat sich die Notwendigkeit ergeben, dem Verlauf der E.E.G. noch etwas genauer an der Hand mehrfacher *gleichzeitiger* Ableitungen nachzugehen. Ich hatte schon früher über gleichzeitige Ableitung des E.E.G. von verschiedenen Schädelgegenden oder von Trepanationslücken und dem Schädel als Ganzes berichtet. Ich kam damals zu dem Ergebnis, daß gleichzeitig abgeleitete E.E.G.'s zwar gewisse Übereinstimmungen zeigen, jedoch besteht keineswegs eine Gleichheit der gleichzeitigen Kurven. Die einzelnen zwischen übereinstimmenden Abschnitten gelegenen Kurventeile können ganz verschieden gestaltet sein. An der Hand gleichzeitig aufgenommener Spulengalvanometer- und Oscillographenkurven bin ich diesen Fragen weiter nachgegangen. Es konnte dabei festgestellt werden, daß bei Ableitung von der rechten Stirn und dem rechten Hinterhaupt und gleichzeitiger Ableitung von der linken Stirn und dem linken Hinterhaupt zu verschiedenen Galvanometern sich E.E.G.'s. ergeben wie in Abb. 5.

Die Lichtpunkte stehen nicht genau übereinander, daher sind gleichzeitige Kurvenpunkte durch eingetragene Tuschenlinien verbunden. Man sieht die weitgehende Übereinstimmung der von der rechten und linken Schädelseite abgeleiteten E.E.G.'s. eines gesunden 24jährigen Arztes. Betrachtet man die ersten mit a, b, c, d, e einander gegenübergestellten α -W. des Kurvenstückes rechts von dem ersten Tuschestrich, so sieht man, daß nicht nur in ihrem zeitlichen Verlauf, sondern auch in der Form die einzelnen α -W. der rechten und linken Seite übereinstimmen, so weit dies bei einem Vergleich von Kurven, die mit verschieden gebauten

¹ Brücke, Th.: *Bethes Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie*, Bd. 9, S. 34. 1929.

² Herring: The „law of fluctuation“ or of alternating periods of activity and rest in living tissues. *Brain* 49, 209 (1923).

Galvanometern aufgenommen sind, möglich ist. Dasselbe erblickt man rechts von dem dritten Tuschestrich, wobei ich namentlich auf die Übereinstimmung der mit d bezeichneten Hauptwelle in der oberen und unteren Kurve hinweise. Das gleiche gilt für die anderen genauer bezeichneten Teile der beiden Kurven, und ich mache dabei noch auf die Hauptwelle c in dem letzten abgegrenzten Abschnitt dieser Abbildung aufmerksam. Daß diese Übereinstimmung aber nicht immer besteht,

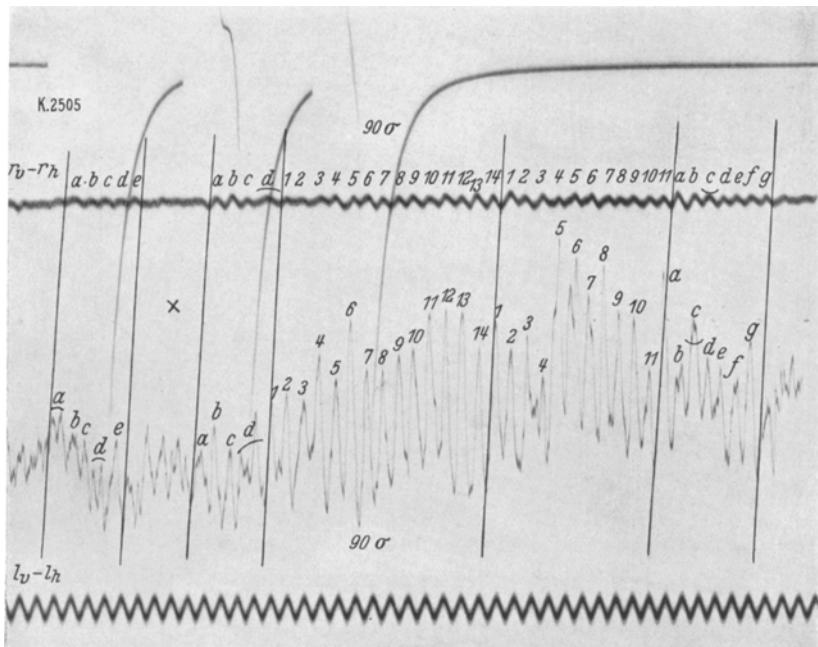


Abb. 5. Dr. W., 24 Jahre alt. Oben E.E.G. abgeleitet von der rechten Schädelseite zum Spulengalvanometer, in der Mitte E.E.G. abgeleitet von der linken Schädelseite zum Oscillographen. Unten Zeit in $\frac{1}{10}$ Sek. Gleichzeitige Punkte beider E.E.G.'s sind durch Tuschelinien verbunden.

geht aus dem mit einem Kreuz bezeichneten, zweiten abgegrenzten Kurvenabschnitt hervor. Genau die gleiche Übereinstimmung und umschriebenen Abweichungen der mehrfach abgeleiteten Kurven erhält man bei gleichzeitiger Ableitung von rechts vorn nach links hinten und von links vorn nach rechts hinten, ebenso aber auch bei Ableitungen von nur kleinen Strecken, die auf der rechten oder der linken Seite in der Längsrichtung liegen. Achtet man bei diesen Ableitungen zufällig nicht darauf, daß an gleich liegenden Elektroden die gleichen Pole des Galvanometers angeschlossen werden, so erhält man Spiegelbildkurven verzeichnet, die durch eine Umschaltung des einen Galvanometers sofort in gleich verlaufende Kurven verwandelt werden können. Dem unbefangenen

Untersucher drängt sich geradezu der Eindruck auf, daß es ein und derselbe Vorgang sei, der hier von der rechten und linken Schädelhälfte abgeleitet wird und der nur vorübergehend örtliche Abweichungen darbietet. Die genaue Übereinstimmung der zeitlichen Verhältnisse und der Ausgestaltung einzelner Hauptwellen in beiden Ableitungen bis zur völligen Gleichheit, so weit dies bei verschiedenen Galvanometern erwartet werden kann, bestätigt dies. Die jeweils längere oder kürzere Zwischenstrecken umfassenden Abweichungen der beiden gleichzeitig aufgenommenen E.E.G's. treten erheblich zurück. *Travis* und *Dorsey* haben in mehrfachen Ableitungen beim Tier eine „Synchronizität“ des Verlaufs der Aktionsströme von homologen Rindengebieten der rechten und linken Hemisphäre feststellen können. Diese Beobachtung stimmt mit dem Mitgeteilten überein, mit dem Zusammenfallen der von der rechten und linken Schädelhälfte des *Menschen* abgeleiteten E.E.G's. in ihren zeitlichen Verhältnissen. Daß dieses zeitliche Zusammenfallen nicht nur für die von beiden Schädelhälften als Ganzes abgeleiteten E.E.G's., sondern auch für die Ableitung von Teilstücken der rechten und linken Seite, wenn sie nur in der gleichen von vorn nach hinten gerichteten Längsrichtung liegen, gilt, möchte ich hier nochmals ausdrücklich hervorheben. Die oben wiedergegebenen, gleichzeitig von der rechten und linken Schädelhälfte des *Menschen* abgeleiteten E.E.G's. zeigen aber noch viel mehr als nur diese *Gleichzeitigkeit* des Ablaufs, sie zeigen sogar eine *Gleichheit*, die an einzelnen Hauptwellen unverkennbar zutage tritt. Man kommt also zu dem Ergebnis, daß es beim Menschen *ein und dasselbe* Vorgang ist, der von beiden Großhirnhälften abgeleitet und der gelegentlich, und zwar vorübergehend durch örtliche Vorgänge überdeckt oder abgeändert wird.

Zusammenstellungen anderer gleichzeitiger Ableitungen führen noch weiter. Leitet man nämlich gleichzeitig von vorn und hinten, also von Stirn und Hinterhaupt, und rechtwinklig dazu, von beiden Scheitelhöckern, ab, so scheinen auch da sehr häufig die E.E.G's. im wesentlichen zusammenzufallen, aber nur deshalb, weil die Hauptwellen die gleiche Länge haben. Diese Hauptwellen bieten jedoch keineswegs eine Übereinstimmung in ihren Einzelheiten dar, sie sind nicht in beiden Ableitungen gleich. Vor allen Dingen kann man dabei aber auch E.E.G's. erhalten, bei denen ein durchgängiger Unterschied auch im zeitlichen Ablauf der beiden E.E.G's. besteht, so daß auch von einem zeitlichen Zusammenfallen einzelner Abschnitte der beiden Kurven nicht mehr die Rede sein kann. Abb. 6 zeigt dies in deutlicher Weise.

Es ist dies eine Kurve von dem gleichen Herrn wie Abb. 5, jedoch wird zu der oberen Spulengalvanometerkurve von links vorn und rechts hinten, zu der unteren Oscillographenkurve von dem rechten und linken Scheitelhöcker abgeleitet. Da wieder die Lichtpunkte beider Kurven nicht genau übereinanderstehen, sind gleichzeitige Kurvenabschnitte durch Tusche-

linien miteinander verbunden. Betrachten wir gleich den ersten Abschnitt rechts von dem ersten Tuschestrich, so sind in der Vorn-Hintenableitung die sehr deutlichen α -W. mit den Zahlen von 1—7 bezeichnet. Dieselben fallen durchaus nicht mit den durch a b c d e f g h bezeichneten α -W. der Ableitung von der rechten und linken Seite zusammen. Dasselbe sieht man auch im weiteren Verlauf der beiden E.E.G's. Eine Nachmessung hat in diesem Falle auch ergeben, daß die Hauptwellen in beiden Ableitungen nicht gleichlang sind. In der Spulengalvanometerkurve

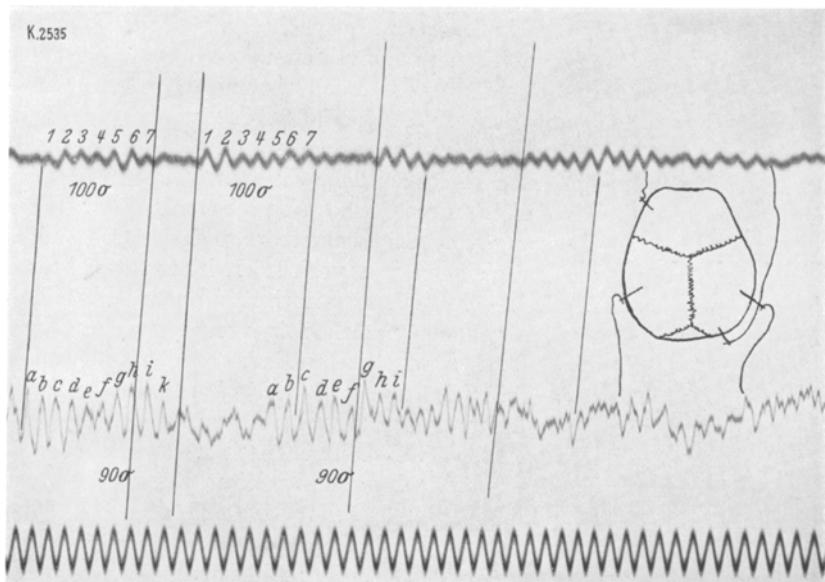


Abb. 6. Dr. W., 24 Jahre alt. Oben E.E.G. abgeleitet von der linken Stirn- und der rechten Hinterhauptshälfte zum Spulengalvanometer, in der Mitte E.E.G. abgeleitet von der Gegend der rechten und linken Scheitelhöcker zum Oszillographen. Unten Zeit in $\frac{1}{10}$ Sek. Gleichzeitige Punkte beider E.E.G's. sind durch Tuschelinien verbunden.

haben im ersten abgegrenzten Abschnitt die α -W. eine Länge von 100σ , in der Oszillographenkurve eine Länge von 90σ . Diese zeitlichen Unterschiede sind bei anderen Menschen bei der gleichen Anordnung nicht immer so in die Augen fallend. Aber auch bei ihnen findet sich ein Unterschied im Verlauf der beiden E.E.G's., der nicht nur ein vorübergehender ist. Die beiden E.E.G's. sind durchgängig verschieden und übereinstimmende Strecken fehlen. Diese Feststellung bestärkt mich ebenso wie die oben mitgeteilte Beobachtung in der Auffassung, daß im E.E.G. ein in ganz bestimmter *Richtung* über die Hirnrinde verlaufender Vorgang, eine fortschreitende Tätigkeitswelle, zum Ausdruck kommt, die von vorn nach hinten (oder, wenn man will, von hinten nach vorn, denn beide Richtungen lassen sich nach den Galvanometerkurven nicht

trennen) verläuft. Wir kommen also zu der Annahme, daß es sich um einen einheitlichen, auf beide Großhirnhälften sich erstreckenden, in festgelegter Richtung verlaufenden Vorgang handelt, der im E.E.G. seinen sinnfälligen Ausdruck findet.

Ich war bisher der Ansicht, daß der Balken diese Zusammenfassung der beiden Hirnhälften zu einem Ganzen gewährleiste, besonders da ich auch die Herabsetzung der Erregbarkeit des homologen motorischen Zentrums auf der Gegenseite in den Versuchen von *Wedenski* auf eine Einwirkung durch Vermittlung der Balkenfasern bezog. Die Mitteilung der beiden obengenannten amerikanischen Forscher, die nachwiesen, daß die „Synchronizität“ homologer Rindenfelder der rechten und linken Seite bei der Ratte auch *nach* Durchtrennung des Balkens bestehen bleibt, mahnt aber jedenfalls zur Vorsicht. Man könnte natürlich sagen, beim Menschen liegen die Verhältnisse anders. Man wird aber doch nicht so ohne weiteres an diesen Feststellungen vorübergehen können und wird sich zum mindesten überlegen müssen, ob die Zusammenfassung der beiden Großhirnhälften zu gemeinsamer Arbeit nicht auch von tieferen Teilen aus erfolgen könne. Die Tierversuche der Amerikaner weisen auf tieferliegende Zentren hin, von denen aus der Ablauf der Rindenvorgänge im Sinne einer Gleichzeitigkeit (Synchronizität) geregelt wird. Ebenso könnte auch der gerichtete und im gleichen Takt erfolgende Ablauf der E.E.G.'s. der rechten und linken Hemisphäre des Menschen von einem außerhalb der Rinde gelegenen Zentrum aus geregelt werden. Ganz von selbst kommt man da zu den Anschauungen *Berzes*, *Reichardts* und anderer. *Berze*¹ z. B. sieht im Thalamus ein Zentrum, von dem aus der Tonus des Bewußtseinsorgans reguliert und der psychocerebrale Apparat, d. h. die Hirnrinde, ein- und ausgeschaltet werden kann. Es ist durchaus möglich, daß dies auch für den Ablauf des E.E.G. gilt. Zweifellos wird man aber diese Frage noch offen lassen müssen. In manchen Krankheitsfällen, so z. B. bei einem jungen Mann mit einem Tumor in der Tiefe der linken Großhirnhälfte, habe ich die Zusammenarbeit beider Großhirnhälften an den von beiden Seiten gleichzeitig abgeleiteten E.E.G.'s. gestört gefunden, jedoch möchte ich hier auf diese Beobachtungen noch nicht näher eingehen. Man müßte auch erwägen, ob vielleicht die bei der Einwirkung eines Sinnesreizes allenthalben in der Hirnrinde am E.E.G. sich geltend machende *Hemmung* auch von einem außerhalb der Rinde gelegenen, also etwa im Thalamus anzunehmenden Zentrum ausgehe. Eine derartige Auffassung liegt für die bei einer Schreckwirkung auftretende Veränderung nahe, denn hier handelt es sich doch um eine Abwehrreaktion des Organismus. In ähnlichem Sinne können wir, wenn auch in entsprechend abgeschwächter Weise, die Vorgänge bei der Fesselung der Aufmerksamkeit durch einen

¹ *Berze, Josef*: Bewußtseinstonus. Wien. med. Wschr. 1911. — Psychischer Antrieb und Hirnstamm. Wien. med. Wschr. 1932, Nr 11.

unerwarteten Sinnesreiz vom biologischen Gesichtspunkt aus beurteilen. Man wird also die Möglichkeit, daß die Bahnung und Hemmung in der Rinde von einem außerhalb liegenden Zentrum ausgeht, bei einem Schreckkreis nicht ohne weiteres von der Hand weisen können. Andererseits weisen aber doch unzweideutige experimentelle Feststellungen darauf hin, daß Bahnungs- und Hemmungsvorgänge auch von der Hirnrinde selbst ausgehen, wobei ich nochmals auf die Untersuchungen von *Wedenski* verweisen möchte. Für den Verlauf einer geistigen Arbeit oder eines beliebigen Denkvorgangs ist es doch näherliegend, anzunehmen, daß die Bahnungs- und Hemmungsvorgänge jeweils von den in Anspruch genommenen Arbeitszentren der Rinde selbst ausgehen. Das gleiche möchte ich auch für einfache Sinnesreize annehmen.

Mit Recht wird bei der Beurteilung der psychischen Vorgänge auch des Menschen ihre biologische Bedeutung mehr und mehr gewürdigt und auf ihre allmähliche phylogenetische Entwicklung Rücksicht genommen, wie dies durch *Herbert Spencer*¹ zuerst geschehen ist. Die Versuche, die drei Arten der psychischen Vorgänge, wie sie uns in der gebräuchlichen Einteilung in Empfindung, Gefühl und Streben entgegentreten, auf eine dieser drei Arten als alleinige Grundlage zurückzuführen, was *Spencer*, *Horwicz*², *Höffding*, *Münsterberg* und viele andere getan haben, hat keine allgemeine Anerkennung gefunden. Jedoch ist man sich darüber einig, daß auch die psychischen Vorgänge sich aus den einfachsten Anfängen heraus entwickelt und entsprechend ihrer biologischen Bedeutung mehr und mehr vervollkommen haben. Man neigt mehr der Auffassung zu, daß bereits in den einfachsten psychischen Vorgängen alle drei obengenannten Arten enthalten sind. In diesem Sinne hat sich *Jodl* mit aller Entschiedenheit ausgesprochen und ausgeführt, daß Empfindung, Gefühl und Streben drei verschiedene Erscheinungsweisen des allgemeinen Vorgangs der primären psychischen Reaktion seien. Dieser Ansicht ist auch *Müller-Freienfels*³, der davon spricht, daß alle psychischen Erscheinungen nur Differenzierungen eines psychischen „Urphänomens“ seien, in dem bereits der aktive Charakter aller psychischen Vorgänge in der Reaktion, der Stellungnahme gegenüber äußeren Einwirkungen zutage tritt. *Berze*⁴, der ebenso wie *Wundt* in dem Streben den Grundfaktor aller psychischen Vorgänge sieht, hat seine Anschauung in trefflicher Klarheit entwickelt und ist für eine

¹ *Spencer, Herbert*: Prinzipien der Psychologie. Übersetzt von *Vetter*, Bd. I. 1903.

² *Horwicz*: Psychologische Analysen. Halle 1872.

³ *Müller-Freienfels*: Das Denken und die Phantasie. Leipzig 1916.

⁴ *Berze, Josef*: Die primäre Insuffizienz der psychischen Aktivität und ihr Wesen usw. Leipzig und Wien 1914. — Zur Lokalisation der Vorstellungen. *Z. Neur.* 44, 213 (1919). — Schizophrenie und psychologische Auffassungen. *Allg. Z. Psychiatr.* 77, 58 (1921). — Zur Frage der Lokalisation psychischer Vorgänge. *Arch. f. Psychiatr.* 71, 546 (1924). — Störungen des psychischen Antriebs. *Z. Neur.* 142, 720 (1932).

einheitliche Auffassung der psychophysischen Funktion eingetreten. Dieser einheitlichen psychophysischen Funktion entspricht nach seiner Auffassung ein über das ganze Großhirnrindengebiet verbreiteter einheitlicher *physiologischer* Vorgang. Er unterscheidet in der Hirnrinde, dem „psychocerebralen Apparat“, wie er sie auch benennt, zwei Gebiete, die er als Sphären bezeichnet, und verlegt sie in Anlehnung an anatomische Anschauungen, wie sie von *von Monakow* zuerst geäußert wurden, in bestimmte Großhirnrindenschichten. Die Sphäre, in der die materiellen Vorgänge ablaufen, die mit den psychischen verbunden sind, nennt *Berze*, seiner psychologischen Anschauung von der Bedeutung der Akte für das psychische Leben überhaupt entsprechend, die intentionale Sphäre, in der nach seiner Anschauung auch keinerlei Lokalisation stattfindet. Er beansprucht für sie die drei oberen Rindenschichten, nach der gebräuchlichen Benennung also die 1. bis 3. Rindenschicht. Die andere Sphäre, die impressionale, umfaßt die 4. bis 6. Rindenschicht; in ihr findet im Gegensatz zu der intentionalen Sphäre eine strenge Lokalisation statt, in ihr sind die Sinneszentren, die Engrammfelder, zentrale Gebiete für andere corticale Funktionen und rein motorische Gebiete zu suchen. Wenn auch die anatomische Grundlage für diese Annahme — namentlich wenn angenommen wird, daß die drei oberen Rindenschichten über die ganze Großhirnrinde hin einen gleichmäßigen Bau zeigten — den Tatsachen nicht entspricht, so glaube ich doch auch, daß dieser Einwand kein so schwerwiegender ist, um eine solche Auffassung zu entkräften. Es wird wohl eben überhaupt eine so scharfe anatomische Trennung dieser beiden Sphären nicht durchzuführen sein. Das spricht jedoch keineswegs gegen die meiner Ansicht nach sehr glückliche Scheidung dieser beiden, natürlich in engster Zusammenarbeit stehenden Gebiete. Viele anatomische Tatsachen sprechen für die besondere Bedeutung der oberen Rindenschichten für die psychischen Vorgänge¹. Schon *Kaes*² hat nachgewiesen, daß eine physiologische Weiterentwicklung der äußeren Zone der Rinde bis zum 45. Lebensjahr stattfindet. Eine derartige Feststellung weist klar auf diese besondere Bedeutung der oberen Rindenschichten hin, ebenso wie viele pathologische Erfahrungen, von denen ich nur die Befunde bei der *Pickschen Rindenatrophie* hervorheben möchte. Man wird eben, wie ich schon oben betonte, eine innige Zusammenarbeit dieser beiden Sphären *Berzes* annehmen müssen, wobei in der impressionalen Sphäre die daselbst vorhandenen ererbten Strukturen unter der Einwirkung der intentionalen Sphäre Abänderungen erfahren und neue Apparate aufgebaut oder mit den vorhandenen Teilen zusammengestellt werden, ebenfalls immer unter dem Einfluß der intentionalen Sphäre. In solchen Strukturabände-

¹ *von Economo u. Koskinas:* Cytoarchitektonik der Hirnrinde des erwachsenen Menschen. Textband Berlin 1925, S. 116, 179 u. 183.

² *Kaes:* Die Großhirnrinde des Menschen. Jena 1907, Text S. 45.

rungen, die nicht mehr rückgängig gemacht werden können, erfährt das einzelne Gehirn seine geschichtliche Entwicklung¹. Außer dem größeren Reichtum an ererbten Einrichtungen sind es natürlich diese erworbenen Apparate, welche die tiefgreifenden Unterschiede zwischen den Gehirnen verschiedener Menschen und dem Tier- und Menschengehirn ausmachen. Ähnliche Anschauungen wie Berze hat K. Goldstein² vertreten, wenn er auch von Grundfunktionen und nicht von einer einheitlichen psychophysischen Funktion wie Berze spricht. Diesen Grundfunktionen entspricht nach seiner Ansicht die Rindenleistung überhaupt. Er führt dann weiter aus, daß die einzelnen Leistungen, wie Wahrnehmen, Vorstellen, Denken, Fühlen usw., nur spezielle Äußerungen dieser Grundfunktionen an verschiedenem Material seien, das durch die Tätigkeit der Sinne und der motorischen Apparate geliefert wird. Mir scheint also der Unterschied gegenüber der Berzeschen Ansicht keineswegs ein wesentlicher zu sein; in der Grundauffassung stimmen beide überein. Berze nimmt also einen einheitlichen *physiologischen* Vorgang als Begleiterscheinung der psychophysischen Vorgänge an, die überall in der Rinde, vielleicht in bestimmten Rindenschichten, eben in seiner intentionalen Sphäre stattfinden. Im E.E.G. haben wir nun die elektrischen Begleiterscheinungen eines über die ganze Rinde verbreiteten gleichförmigen Vorgangs vor uns, an dessen Zustandekommen die Nervenzellen der Rinde beteiligt sind. Dieser Vorgang ist ein einheitlicher, von örtlichen Bauverschiedenheiten der Rindengebiete unabhängiger. Er verläuft in ganz bestimmter Richtung über die gesamte Hirnrinde dahin, die so zu einem einheitlichen Ganzen zusammengefaßt erscheint. Die Hauptwellen des E.E.G. besitzen, wie ich an vielen Stellen gezeigt habe, innigste Beziehungen zu den Bewußtseinserscheinungen. Sie schwinden in der Bewußtlosigkeit der Chloroformnarkose, kehren mit dem Erwachen des Bewußtseins allmählich wieder, schwinden auch bei anderen Zuständen von Bewußtlosigkeit, erfahren bei schweren Schädigungen des Ablaufs der psychischen Vorgänge, z. B. bei der epileptischen Demenz, schwerwiegende Veränderungen u. dgl. m. Das alles hat mich seinerzeit zu der Aufstellung der Arbeitshypothese geführt, daß die Hauptwellen des E.E.G. Begleiterscheinungen derjenigen materiellen Rindenvorgänge seien, die man als psychophysische bezeichnet, da sie unter Umständen mit Bewußtseinserscheinungen verbunden sein können. Ich sehe also nach den oben mitgeteilten Befunden im E.E.G. die elektrischen Begleiterscheinungen einer in bestimmter Richtung über die menschliche Hirnrinde verlaufenden Tätigkeitswelle, die beide Hemisphären zu einem einheitlichen Ganzen, das auch in gleichsinniger Weise reagiert, zusammenfaßt. Diese Tätigkeit ist eine automatische, sie wird

¹ Lieder, Franz: Die psychische Energie und ihr Umsatz. Berlin 1910, S. 369 f.

² Goldstein, Kurd: Zur Funktion des Nervensystems. Arch. f. Psychiatr. 74, 370 (1925).

jedoch durch äußere Einflüsse verändert und zeigt ein periodisches An- und Abschwellen. Ich möchte glauben, daß wir hier in der Tat die ständige Tätigkeit der intentionalen Sphäre *Berzes* vor uns haben.

Nehmen wir dies einmal an, so kommen wir zu einer Auffassung, wie sie in dem Entwurf auf Abb. 7 niedergelegt ist.

Die Rinde, der psychocerebrale Apparat *Berzes*, ist als einheitliches Ganze in der Form eines geschlossenen Kreisrings dargestellt. Die Trennung der intentionalen und impressionalen Sphäre *Berzes* innerhalb dieses Kreisringes ist angedeutet,

wobei die scharfe Trennung beider dem Entwurf zugute gehalten werden mag. Ein Sinnesreiz gelangt durch die Faser S in das zugehörige Sinneszentrum innerhalb der impressionalen Sphäre. Er ruft an der Stelle a einen Erregungsvorgang hervor, der, wenn er eine gewisse Größe erreicht hat, die darüberliegende und mit ihr innigst verbundene intentionale Sphäre, in der *ständig psychophysische Vorgänge ablaufen*, die sich in der Form des E.E.G. zu erkennen geben, in Mitleidenschaft zieht. Es kommt sofort zu einer Hemmung der automatischen Tätigkeit der gesamten intentionalen Sphäre¹ und so an Ort und

Stelle zu einem Überschreiten

der inneren Schwelle. Dieser Vorgang in der intentionalen Sphäre bedingt wieder Vorgänge in der impressionalen Sphäre, und es kommt zu einer Weiterleitung der Erregung auf der Bahn 1 zu der Stelle b. Hier mag sich der Vorgang lediglich in der impressionalen Sphäre abspielen und der *ständige psychophysische Vorgang* in der intentionalen Sphäre, der im E.E.G. zum Ausdruck kommt, nicht beteiligt werden. Es möge aber doch zu einer Weiterleitung auf der Bahn 2 zu der Stelle c kommen, an der sich wieder der gleiche Vorgang abspielt wie an der Stelle a. Es soll auch hier eine Weiterleitung auf der Bahn 3 zu der Stelle d eintreten und von hier aus zu einer Weiterleitung auf der Faser m zu tieferen Hirnteilen kommen. So denke ich

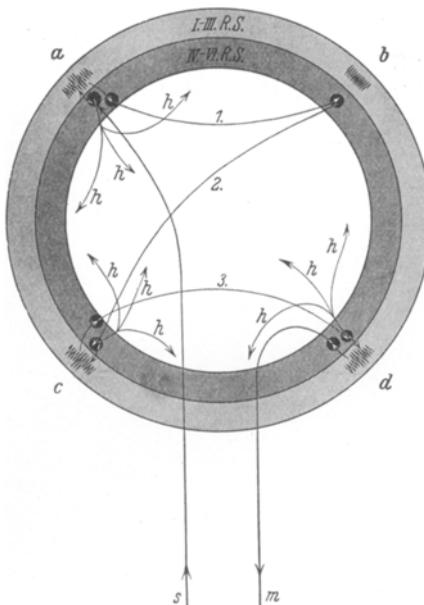


Abb. 7. Entwurf. Erklärung im Text.

¹ In Abb. 7 sind durch h die Bahnen, auf denen diese Hemmungsvorgänge verlaufen, angedeutet.

mir auf Grund meiner Untersuchungen in Anlehnung an die Anschauungen *Berzes* den Ablauf der psychophysischen Rindenvorgänge. Das E.E.G. würde demnach die ständige automatische Tätigkeit der intentionalen Sphäre *Berzes* darstellen, die von Zeit zu Zeit an bestimmten Stellen die innere Schwelle überschreitet und dann mit Bewußtseinserscheinungen verknüpft ist.

Es ist natürlich nur ein Bild, entsprungen aus dem allgemein-menschlichen Bedürfnis, zu einer einheitlichen Auffassung zu gelangen. Wir werden aber kaum jemals zu etwas anderem als zu solchen den jeweils vorliegenden physiologischen und psychologischen Tatsachen möglichst angepaßten und daher immer und immer wieder verbesserten Bildern von diesen Vorgängen kommen.
