

(Aus der Physiologischen Abteilung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Hirnforschung,
Berlin-Buch.)

Örtliche Unterschiede hirnbioelektrischer Erscheinungen von kranken Menschen bei Ableitung durch die Kopfschwarte¹.

Von
R. Janzen und A. E. Kornmüller.

Mit 8 Textabbildungen.

(Eingegangen am 21. Oktober 1938.)

I. Einleitung.

Experimentell hat sich ergeben, daß bei allen bisher untersuchten Tieren eine weitgehende *bioelektrische Differenzierung der Hirnrinde* besteht. Es war anzunehmen, daß auch auf der Hirnrinde des Menschen eine solche zu finden ist. Die Frage war nur, ob sich bei Ableitung durch die Kopfschwarte, wie sie beim Menschen in der Regel allein möglich ist, auch genügend Einzelheiten darüber finden lassen würden. Berger, der das Verdienst hat, als erster den Nachweis erbracht zu haben, daß durch die Kopfschwarte des Menschen hindurch überhaupt hirnbioelektrische Erscheinungen zu registrieren sind, hat sein Augenmerk nicht so sehr der Erfassung örtlicher Verschiedenheiten in der bioelektrischen Tätigkeit der Hirnrinde zugewandt. Tönnies (1924) hat als erster den Versuch unternommen, im Anschluß an die tierexperimentellen Untersuchungen von Kornmüller durch die Kopfschwarte des Menschen *lokalisatorisch* verwertbare Unterschiede zu gewinnen. Auf Grund der Untersuchungen an Tieren über die physikalische Streuung der bioelektrischen Erscheinungen der Hirnrinde bei unipolarer Ableitung durch den Schädelknochen und die Kopfschwarte (Kornmüller 1933a und Tönnies 1933) schien diese Möglichkeit nicht sehr groß. Gibbs und Jasper und ihre Mitarbeiter haben aber, ausgehend von den Befunden an Tieren (Kornmüller) auch beim Menschen, und zwar bei Epileptikern, zeigen können, daß es hinsichtlich der *Krampfströme* gelingt, differente Bilder über verschiedenen Regionen abzuleiten. Adrian hat mit Matthews und Yamagiwa für den normalen Berger-Rhythmus nachzuweisen versucht, daß dieser einen *umschriebenen* Entstehungsort hat. Walter hat den Versuch unternommen, bioelektrisch die Lokalisation von Tumoren vorzunehmen.

Aufgabe der vorliegenden Mitteilung wird es sein, an eindringlichen Beispielen zu zeigen, daß es *tatsächlich* möglich ist, bei Ableitung durch die Kopfschwarte lokalisierbare bioelektrische Erscheinungen, die nicht

¹ Mit Unterstützung der *Rockefeller-Foundation*.

nur die Krampfströme betreffen, zu finden. Nachdem dieser Beweis erbracht ist, wird es Aufgabe folgender Mitteilungen sein, die Grenzen der Methodik vor allem auch auf Grund tierexperimenteller Untersuchungen und besonders die physikalischen Verhältnisse bei Ableitung durch die Kopfschwarte weiter zu prüfen.

Bezüglich der *bioelektrischen Lokalisationsmethodik* verweisen wir auf die Arbeiten von *Kornmüller*, außerdem werden wir in einer folgenden Mitteilung auf Besonderheiten der Methodik bei Ableitung am Menschen eingehen.

Da es sich um grundsätzliche Feststellungen handelt, legten wir in dieser Arbeit Wert darauf, aus einem größeren Material nur über einzelne, aber sehr eingehend untersuchte Kranke zu berichten.

1. *M. L.*, 22 Jahre. Anfälle vom Typus des Uncinatusanfalls und vereinzelte epileptische Anfälle mit generalisierten tonisch-klonischen Zuckungen vom Typus des Adversivanfalls.

2. *N. R.*, 20 Jahre. Genuine Epilepsie.

3. *H. R.*, 32 Jahre. Genuine Narkolepsie.

4. *V. E.*, 46 Jahre. Porencephalie. Encephalographie s. Abb. 2.

5. *St. W.*, 62 Jahre. Erweichung im totalen Ausbreitungsgebiet der linken Arteria cerebri media.

6. *Ro. H.*, 5 Jahre. Idiot. Hirnschaden im linken parieto-temporale. (Röntgen-diagnose aus der Klinik Prof. *Tönnies*: Tumorverdacht?). Wahrscheinlich früh-kindliche Schädigung.

7. *K. I.*, 10 Jahre. Entwicklungshemmung der rechtsseitigen Extremitäten, spastische Hemiparese geringen Grades rechts. Frühkindliche traumatische Hirnschädigung. Sehr selten Anfälle vom *Jackson*-Typ.

8. *Bu. A.*, 16 Jahre. Genuine Epilepsie.

Ein genauer klinischer Bericht über die hier erwähnten Anfallskranken wird im Zusammenhang einer Mitteilung über die Beziehungen des hirnbioelektrischen Verhaltens zu den *klinischen* Erscheinungen gebracht.

II. Ergebnisse.

Abb. 1 zeigt von 3 verschiedenen Kranken bipolare Ableitungen, die jeweils gleichzeitig vorgenommen wurden. Bei „bifrontaler“, „bipräzentraler“ usw. Ableitung liegen die Elektroden je eines Ableitekreises rechts und links auf symmetrischen Stellen der Kopfhaut über den bezeichneten Regionen. Ihr Abstand betrug etwa 7 cm. Während auf A der Abb. 1 die bipräzentrale Ableitung eine Gruppe von 14 Schwankungen/sec. aufweist zwischen Strecken geringerer Spannungsproduktion, sind bizentral und biokzipital durchschnittlich träge Schwankungen (10/sec.) zu sehen. Auf B fällt vor allem die bizentrale Ableitung durch träge (6/sec.) Schwankungen großer Amplitude gegenüber den beiden anderen Ableitungen auf. Während auf C die bifrontale Ableitung gruppenweise auftretende rasche Schwankungen (12/sec.) großer Amplitude zeigt, haben die bipräzentrale und die bizentrale Ableitung andere Kennzeichen.

Dabei handelt es sich um Bilder von „*Spontanschwankungen*“, welche auf A denen sehr nahe stehen, die wir am Gesunden bei gleicher Elektrodenlage gefunden haben (Abb. I A von *M. L.* in einer anfallsfreien Phase). Auf B handelt es sich um einen Ausschnitt aus einer über Stunden

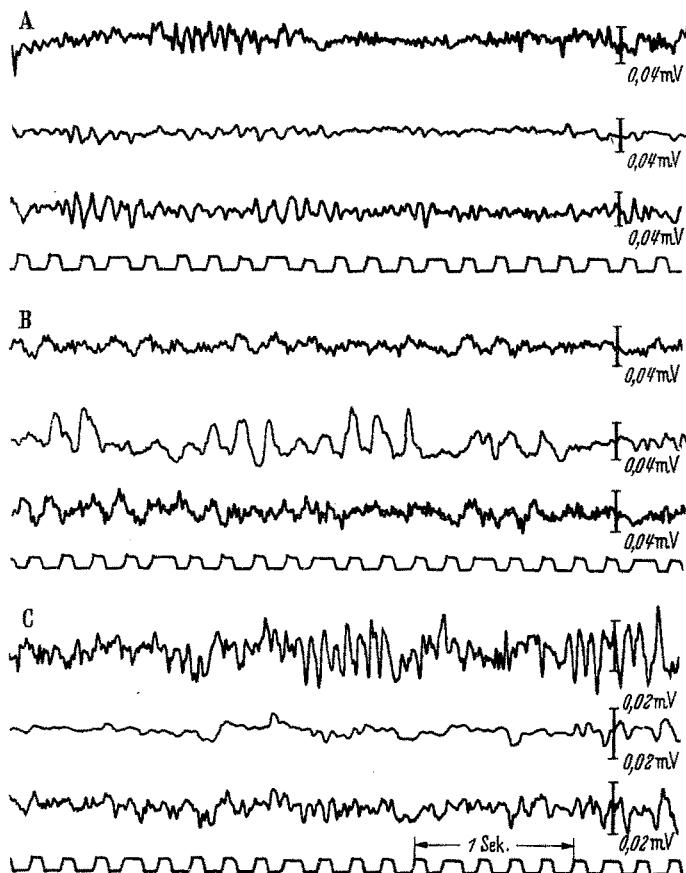


Abb. 1. Dreifache gleichzeitige Registrierungen. A von *M. L.*, B von *N. R.*, C von *H. R.*

fortgesetzten Registrierung mit anfallsweisen Steigerungen der Spannungsproduktion, die isoliert bizentral auftraten (Abb. I B von *N. R.*, seit Wochen anfallsfrei). Auf C ist eine vorübergehende Steigerung bifrontal zu sehen, wie sie während einer Dauerregistrierung im Nachtschlaf bei einer Kranken mit Narkolepsie (*H. R.*) auftrat. Es ist hervorzuheben, daß während der oben beschriebenen örtlichen Steigerungen die gleichzeitig registrierten anderen Kurven keine entsprechenden Änderungen aufwiesen. An Hand der Abb. 1 konnten also an geeigneten Beispielen auffallende örtliche Unterschiede in den

bioelektrischen „Spontanschwankungen“ der Hirnrinde des Menschen aufgezeigt werden¹.

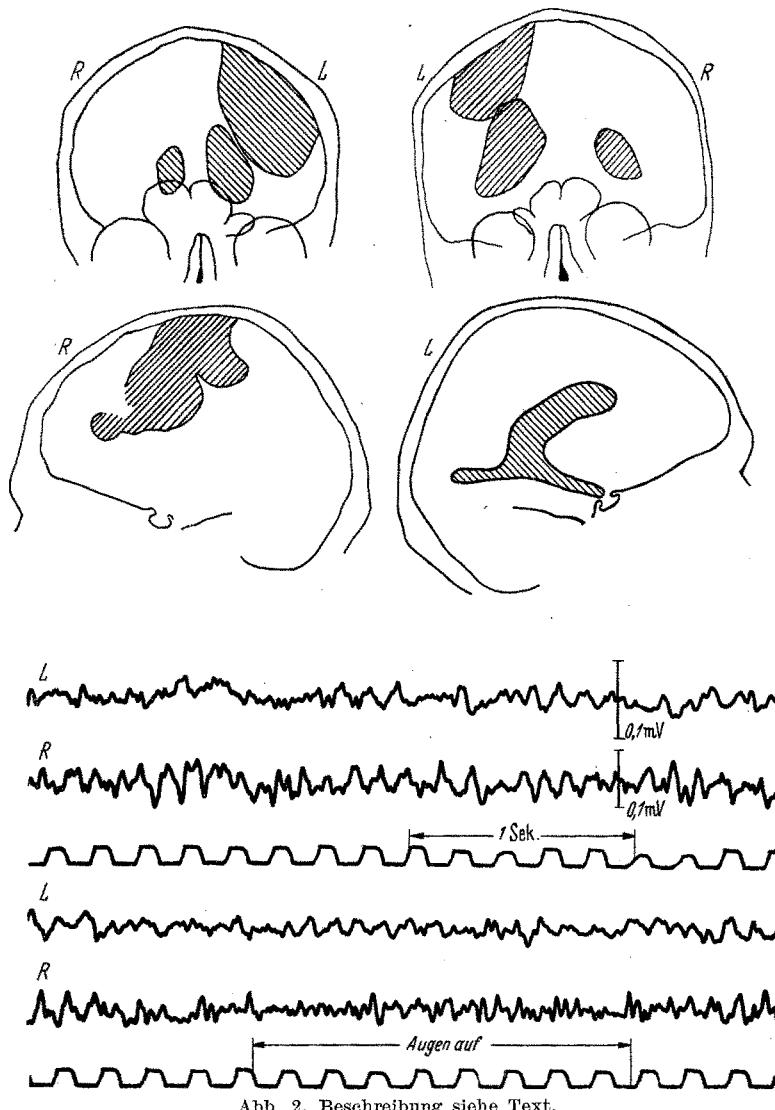


Abb. 2. Beschreibung siehe Text.

Wie weit man schon mit der groben bipolaren Elektrodenanordnung in der Aufdeckung herdförmiger bioelektrischer Unterschiede kommen kann, soll Abb. 2 (*V. E.*) zeigen.

¹ Siehe über Unterschiede in den „Spontanschwankungen“ auch Jasper und Andrews (1938) und Kornmüller (1937).

Obgleich es sich um symmetrische Ableitungen handelt, weist die linke zentro-okzipitale gegenüber der rechten eine Verminderung der Amplituden auf (siehe Eichstriche). Außerdem sind die für diese Elektrodenanordnung typischen Wellen einer Frequenz von 10 Schwankungen/sec. links wesentlich seltener als rechts. Bemerkenswert ist weiterhin, daß in Auswirkung des Augenöffnens nur rechts Amplitudenverminderung auftritt. Dieser Befund führt uns im Zusammenhang mit Ergebnissen anderer Ableitungen zu der Auffassung, daß über hinteren Teilen der linken Hemisphäre eine umschriebene Reduktion der bioelektrischen und entsprechend der funktionellen Tätigkeit besteht. Dies ist im Einklang mit dem Ergebnis der Encephalographie (Abb. 2 oben).

An Hand von Abb. 3 soll der Vorgang einer genaueren Abgrenzung besprochen werden. Wenn man über der linken Hemisphäre des Kranken St. W. (Erweichung im Bereich der Arteria cerebri media links) von den durch leere¹ Kreise markierten Stellen (Schemata sind von Photos durchgepaust) bipolar ableitet, so erkennt man ein charakteristisches, von der Norm abweichendes Bild. A der Abb. 3 zeigt 2 gleichzeitige bipolare Registrierungen (I und II). Die Elektroden je einer Ableitung liegen rechts und links über symmetrischen Stellen des Schädels (s. Schema 1 und 2!). Rechts (II) findet sich ein für diese Ableitung als normal zu bezeichnendes Bild, bestehend in Gruppen mit 8—10 Schwankungen/sec. Die linke Seite (I) dagegen zeigt Abweichungen vom Normalbild in zweierlei Hinsicht, einmal fehlen die besagten Schwankungen von 8—10/sec. und zum andern sind abnorme träge Abläufe zu erkennen.

Auf B sind die bipolare Ableitung (I)² und gleichzeitig die unipolaren Registrierungen von jeder ihrer beiden Elektroden zu sehen. Alle 3 Ableitungen haben das oben gekennzeichnete abnorme Bild.

Ganz analoge Ableitungen (bipolar und entsprechend unipolar) von der rechten Hemisphäre sieht man auf C. Auf allen Ableitungen sind die als normal zu bezeichnenden 8—10 Schwankungen/sec. zu erkennen.

Die auffällige Reduktion der durch bipolare Ableitung gewonnenen Potentialschwankungen (B I und C II) ist also nicht als eine Verminderung der bioelektrischen Tätigkeit auszuwerten, weil die entsprechenden unipolaren Ableitungen relativ große Amplituden aufweisen. Sie erklärt sich dadurch, daß die Potentialschwankungen unter den beiden Elektroden weitgehend synchron sind und sich darum bei bipolarer Ableitung keine Spannungsdifferenz zwischen beiden ergibt. Daraus erkennt man die

¹ Da es sich hier um eine Verminderung des elektrischen Energiewechsels handelt, wurden die dadurch gekennzeichneten Stellen durch Leerkreise markiert. Die Ableitepunkte abnormer Steigerungen, wie sie weiter unten behandelt werden, sind durch Vollkreise markiert.

² Der Unterschied in den Amplituden der einander entsprechenden Ableitungen von B und C gegenüber A ist dadurch bedingt, daß die Kurven von A mit größerer Registrierempfindlichkeit gewonnen sind.

Zweckmäßigkeit, die Bilder bipolarer Ableitungen durch unipolare zu kontrollieren.

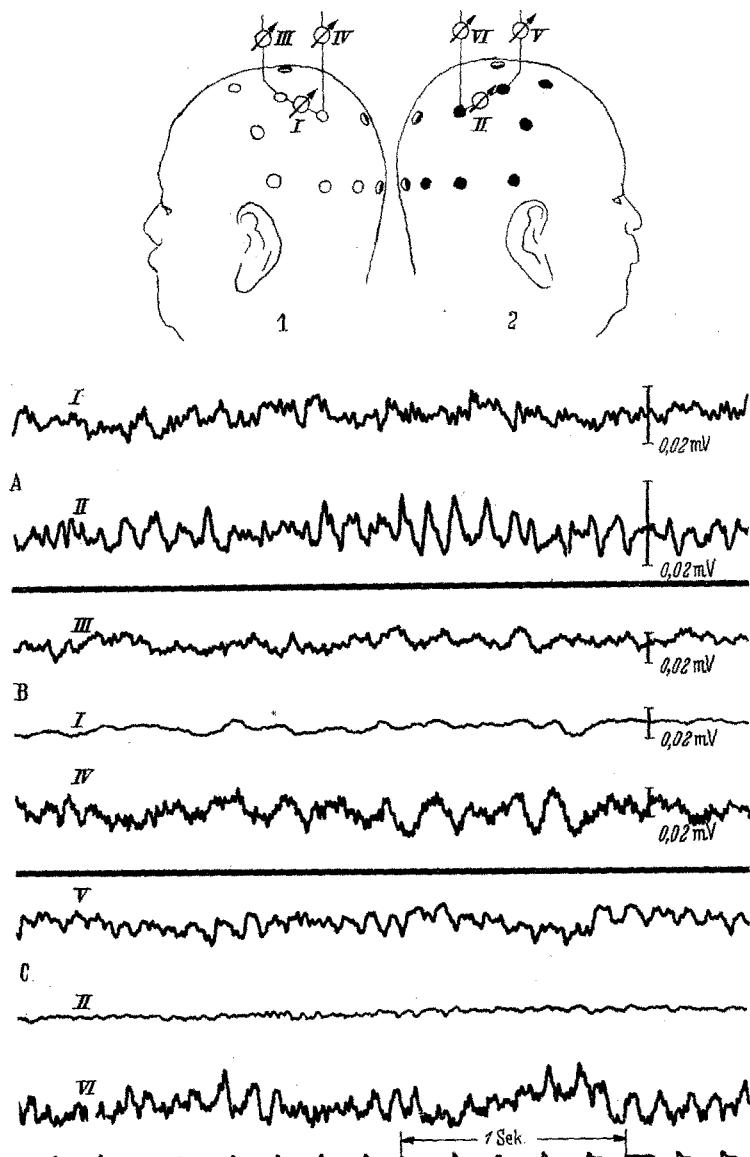


Abb. 3 a. Beschreibung siehe Text.

Von allen Stellen des Schädels, die auf den Schemata der Abb. 3 durch leer gelassene Kreise markiert sind, erhält man sowohl bei uni-

als auch bei bipolaren Ableitungen das eben beschriebene abnorme Bild. Die mit Vollkreisen gezeichneten Stellen dagegen ergeben Normalbilder.

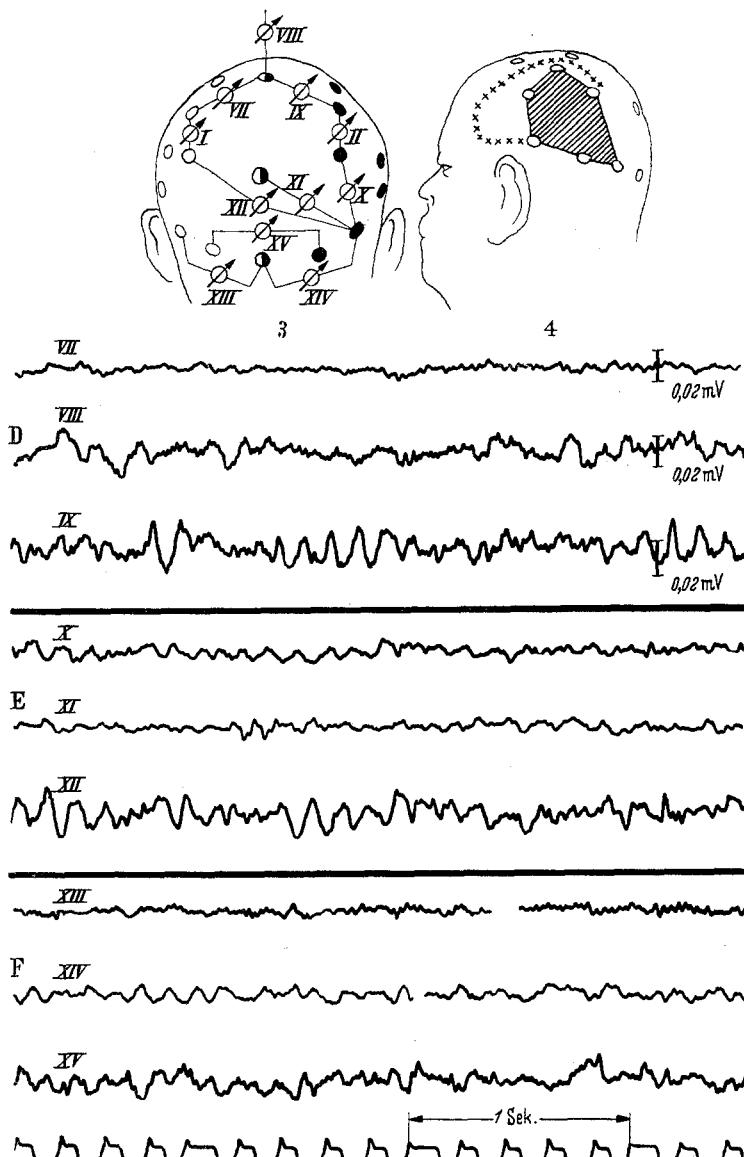


Abb. 3 b. Beschreibung siehe Text.

Die halb gefüllten Kreise (in der Mittellinie) bezeichnen die Ableitepunkte, von denen man unipolar nur *kurze* Gruppen von 8—10 Schwingungen/sec. relativ geringer Amplitude erhält (siehe z. B. D VIII).

Zur genauen Abgrenzung des Areals mit dem beschriebenen abnormen Befund gegen die Mittellinie hin wurden weiterhin folgende Wege beschritten, von denen auf D, E und F je ein Beispiel angeführt ist. Wenn man symmetrische Punkte der Konvexität links und rechts gegen ein- und denselben Punkt der Mittellinie ableitet (DVII und IX), so erhält man rechts ein Bild mit normalen Schwankungen (IX), *links* (VII) dagegen eine stark reduzierte Kurve, die nur Andeutungen von Schwankungen normaler Frequenz aufweist. Die unipolare Ableitung des gemeinsamen Punktes (VIII) zeigt, daß diese von der in der Mitte liegenden Elektrode herstammen müssen. Die Grenze muß also links von diesem Punkt liegen.

Leitet man einen bioelektrisch aktiven Punkt gegen einen „inaktiven“ ab, so erhält man in der Regel größere Potentialschwankungen als bei Ableitungen gegen einen zweiten aktiven Punkt. Dies trifft dann zu, wenn man über mehr oder weniger synchron tätigen Arealen ableitet, da sich dann geringere Differenzen zwischen den Potentialschwankungen an den beiden Elektroden ergeben. Es müßte demnach in unserem Falle bei Belassen der einen Elektrode über einem aktiven Punkt beim Wandern der zweiten Elektrode *dann* eine Steigerung der Amplitudengröße erfolgen, wenn diese nach Überschreiten der Grenze innerhalb des „inaktiven“ Gebietes zu liegen kommt. Ein Beispiel dieser Abgrenzungs-methodik zeigt E mit gleichzeitiger Registrierung von X, XI und XII. Siehe Schema 3! Tatsächlich zeigt XII die größten Amplituden. Der mögliche Einwand, daß die größeren Amplituden von XII durch den größeren Elektrodenabstand bedingt seien, entfällt bei der folgenden Methode, die darin besteht, daß man bei *gleichbleibendem Elektroden-abstand* schrittweise von dem „inaktiven“ ins aktive Gebiet vordringt. Ein Beispiel zeigt F (XIII, XIV und XV). Diejenige der bipolaren Ableitungen, bei der eine Elektrode noch im „inaktiven“, die andere schon im voll aktiven Gebiet liegt, hat die größten Amplituden (XV).

Das Ergebnis dieser Abgrenzung ist auf Schema 4 ersichtlich. Das schraffierte Feld enthält alle die Ableitepunkte, die durch den abnormen Befund stärkster Ausprägung gekennzeichnet sind. Daß damit nicht die *äußerste* Grenze festgelegt ist, ergibt sich aus den Befunden von D, E und F. Das Schema 4 zeigt außerdem, durch Kreuzchen markiert, die Projektion des Gebietes auf die Schädeloberfläche, das man bei einer totalen Mediaerweichung, wie sie in diesem Falle klinisch angenommen werden muß, erwarten würde¹. Eine bioelektrische Abgrenzung nach vorn konnte einmal wegen Störungen von seiten des M. temporalis nicht sicher durchgeführt werden, zum andern auch deswegen nicht, weil die bioelektrischen Normalbilder dieser Gebiete noch nicht hinreichend bekannt sind.

¹ Diese Grenze auf der Schädeloberfläche des Kranken wurde von Herrn Prof. Spatz angegeben.

Noch eindeutigere Lokalisationen lassen sich vornehmen, wenn es sich um *abnorme Steigerungen der Potentialschwankungen* handelt, die sich auch in ihrer Form von den normalen Schwankungen stark abheben. Als solche können vor allem die sog. *Krampfströme*, im folgenden mit *KS* abgekürzt, gelten. Diese sind gegenüber den normalen Schwankungen in der Regel durch besondere Größe und Steilheit gekennzeichnet¹.

Abb. 4 zeigt von *Ro. H.* Registrierungen außerhalb des großen epileptischen Anfalles. KS-Zacken sind nur bei den Ableitungen vorhanden,

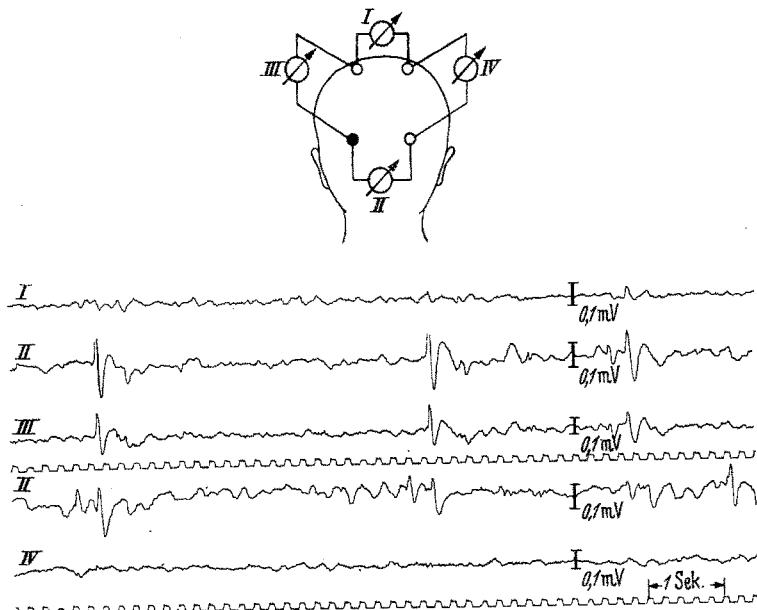


Abb. 4. Beschreibung siehe Text.

die eine Elektrode *links occipital* (voll gezeichneter Kreis der Abb. 4) gemeinsam haben. Es weist also die Kurve I, die bizentral abgeleitet wurde, ebenso wie IV, die von der rechten zentro-okzipitalen Ableitung stammt, keine KS auf im Gegensatz zu den Kurven II und III. II wurde bioccipital und III zentro-occipital links gewonnen. Es wurde von den verschiedensten Gegenden der Kopfhaut abgeleitet. Immer nur bei den Ableitungen, bei denen eine Elektrode links occipital lag, fanden sich KS. Das Beispiel zeigt also, daß *KS-Entladungen von ganz umschriebener Stelle* auch bei Ableitung durch die Kopfhaut gewonnen werden können.

Ein weiteres Beispiel lokalisierter Einzelentladungen von KS bringt Abb. 5 (von *K. I.*). Die KS sind in diesem Falle weniger ausgeprägt als im vorangehenden. Sie sind aber, wenn man die Kennzeichen der

¹ Zusammenfassung der Ergebnisse hirnbioelektrischer Untersuchungen bei experimenteller Epilepsie siehe *Kornmüller* (1935a und 1937).

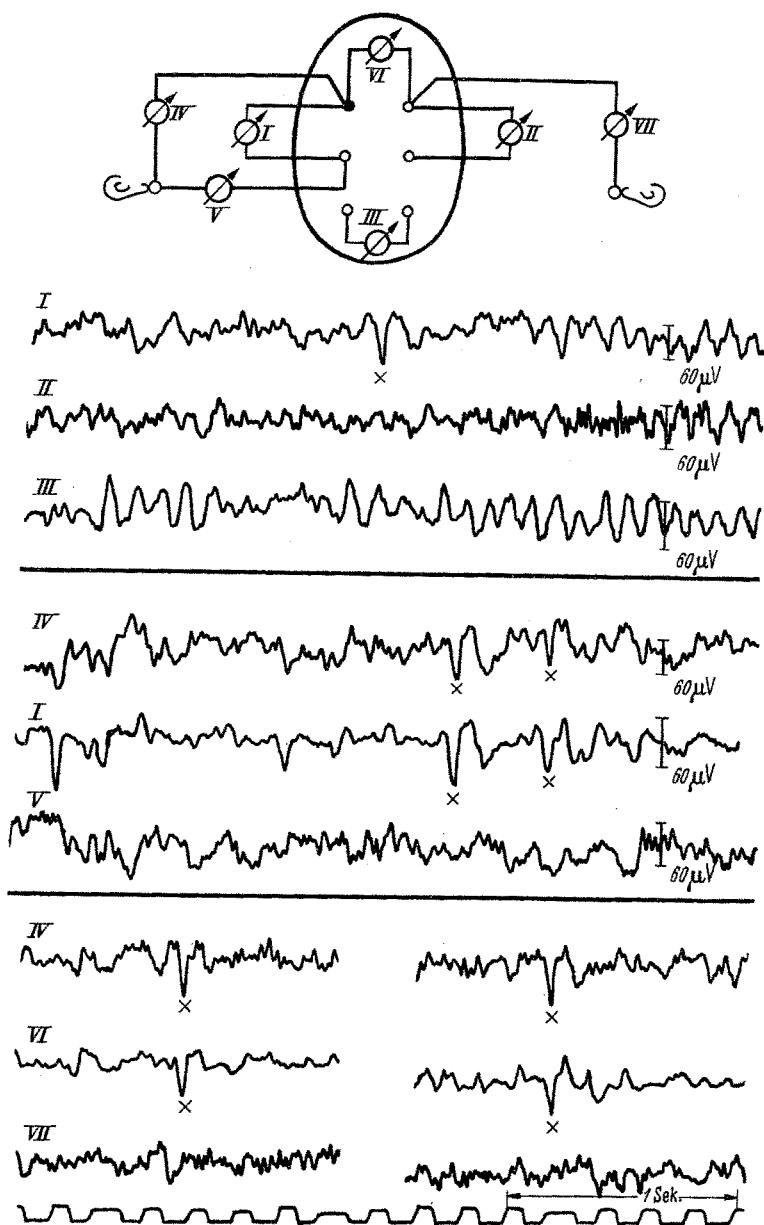


Abb. 5. Beschreibung siehe Text.

KS auf Grund von Untersuchungen an Tieren anwendet, ebenfalls als solche eindeutig. Einzelne der KS-Zacken sind auf der Abbildung durch Kreuzchen markiert.

Je 3 aufeinander folgende Kurven sind gleichzeitig registriert. Die Ableitepunkte des oberen Bildes liegen auf Grund des Krönleinschen Schemas über der Präzentral-, Postzentral- und Okzipitalregion. I (präzentro-postzentral links) zeigt im Gegensatz zur symmetrischen Ableitung rechts (II) und zu der biokzipitalen (III) deutlich KS. Wenn man die Ableitepunkte gleichzeitig einzeln unipolar (IV und V) registriert, so ergibt sich daraus, daß die KS der bipolaren Ableitung I von der präzentralen Elektrode stammen müssen. Wenn man außerdem eine

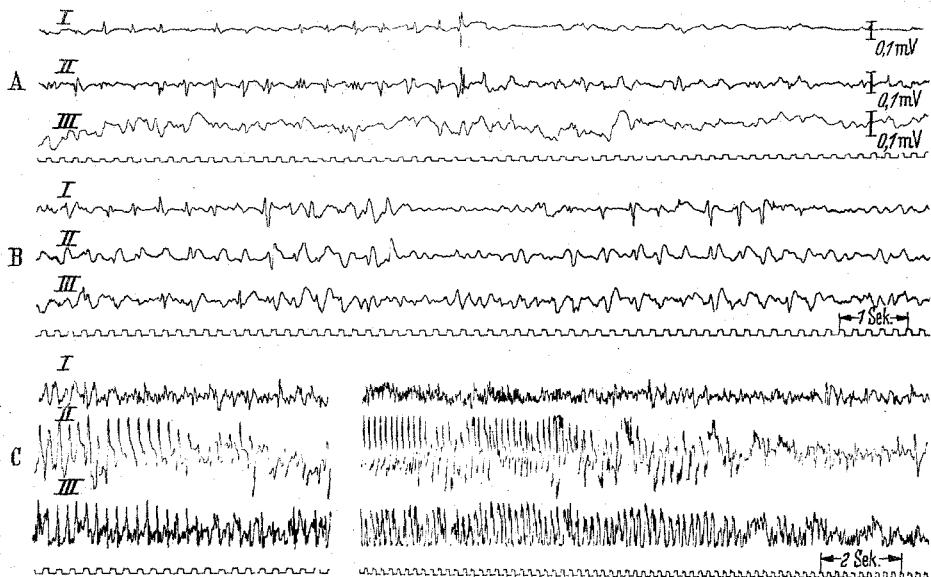


Abb. 6. Beschreibung siehe Text.

bipräzentrale (VI) Ableitung vornimmt und deren Elektroden gleichzeitig einzeln unipolar gegen die gleichseitigen Ohren (IV und VII) ableitet, ergeben sich nach dem Obigen erwartungsgemäß KS nur in der linken unipolaren (IV) gleichzeitig mit denen der bipolaren Ableitung. Damit ist die Eingrenzung des Entstehungsortes der abnormen Erscheinungen eindeutig¹.

Immer lassen sich selbstverständlich nicht so enge Bezirke abnormer Tätigkeit abgrenzen. Auf Abb. 6 A (von Bu. A.) erkennt man auf der bifrontalen (I) und bizentralen (II) Ableitung über lange Strecken KS-Einzelentladungen, während auf der gleichzeitig vorgenommenen

¹ Jung hat in Baden-Baden auf der diesjährigen Tagung südwestdeutscher Neurologen über hirnbioelektrische Untersuchungen an Epileptikern berichtet, die er auf unserer Abteilung begonnen und in Freiburg fortgesetzt hat. Auf Einzelheiten welche die Methodik betreffen, werden wir in der folgenden methodischen Arbeit zurückkommen.

biokzipitalen Ableitung (III) solche fehlen. Diesen Befund zeigt der Kranke aber nicht dauernd. Wenn man die Häufigkeit und Größe der KS-Entladungen bei Registrierungen an sehr vielen Tagen und jeweils über längere Zeitdauer berücksichtigt, so kann man zu dem auf Abb. 7 dargestellten Schema der Verteilung der Orte mit diesem abnormen Befund gelangen. Der Grad der Füllung der die Ableitestellen markierenden Kreise entspricht der Ausprägung des abnormen Befundes. Er ist über dem Stirn- und am stärksten und nimmt gegen die Centralregion (*Krönlein-Schema*) hin ab. Okzipital wurden an den meisten Tagen keine KS gefunden (siehe Abb. 6 A III). An wenigen Tagen fanden wir den Befund

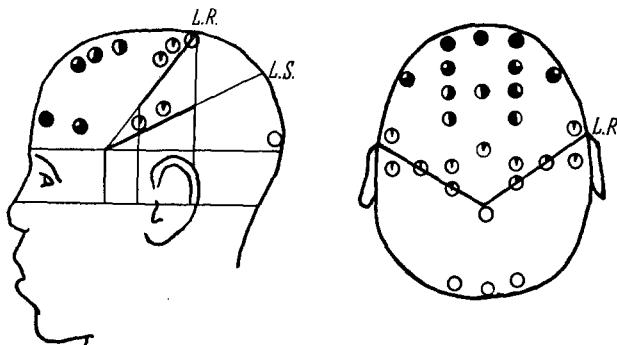


Abb. 7. Verteilung der KS-Entladungen bei Bu. A.

von Abb. 6 B, der auch occipital KS ergibt, die aber schwächer und seltener ausgeprägt sind.

Es muß aber ausdrücklich festgestellt werden, daß die KS der Ableitungen I, II und III zwar oft gleichzeitig, jedoch auch *völlig unabhängig voneinander* auftreten können. Siehe 6B! Sie sind also der *Ausdruck einer örtlich verschiedenen und voneinander unabhängigen Tätigkeit*.

Die bioelektrischen Erscheinungen bei der experimentellen Epilepsie haben nicht nur die Zeichen der *gesteigerten Tätigkeit*, sie weisen in der Regel auch *Verminderungen der Spannungsproduktion* auf, die in den meisten Fällen als Zeichen der Ermüdung im Zusammenhang mit der gesteigerten Tätigkeit aufzufassen sind. A I zeigt nach einer Strecke mit KS deutlich eine Reduktion der Spannungsproduktion, während gleichzeitig bizentral (II) und bioccipital (III) keine entsprechenden Amplitudenverringerungen zu beobachten sind. Ähnliches läßt sich auch auf B im Anschluß an Gruppen von KS-Einzelentladungen, diesmal aber bifrontal und bizentral, erkennen. Auch die *Reduktion der Spannungsproduktion* im Anschluß an gesteigerte Tätigkeit kann also *auf umschriebene Gebiete der Kopfschwarze beschränkt* sein als Ausdruck *örtlich unterschiedlicher Tätigkeit*.

Die größten Steigerungen des elektrischen Energiewehsels im ZNS stellen die Entladungen des *kontinuierlichen KS-Anfall* dar, die z. B.

während des großen epileptischen Anfallen zu registrieren sind. Man könnte annehmen, daß beim großen Anfall die gesamte Hirnrinde eine gesteigerte Tätigkeit aufweist. Falls es sich aber um *umschriebene* Steigerungen dabei handeln sollte, so wäre es aus physikalischen Erwägungen heraus fraglich, ob man diese bei Ableitung durch die Kopfschwarte noch lokalisiert erfassen könnte. Die Potentialschwankungen des kontinuierlichen KS-Anfallen erreichen Werte, die ein Vielfaches der normalen Spannungsgrößen betragen. Damit könnte durch eine größere physikalische Streuung die Möglichkeit einer Abgrenzung entsprechend eingeschränkt werden. Um so schlüssiger ist daher der Befund von C auf Abb. 6. Es handelt sich um eine dreifache gleichzeitige Registrierung von *Bu. A.* während zweier zu verschiedenen Zeiten registrierten großen epileptischen Anfälle mit generalisierten tonisch-klonischen Zuckungen. Der letzte Abschnitt der bioelektrischen Äquivalente der Anfälle ist abgebildet. Man erkennt auf der bizentralen Ableitung (II) noch den Schluß des kontinuierlichen KS-Anfallen. Die KS-Schwankungen sind durch ihre Größe und hohe Frequenz sehr eindringlich im Gegensatz zu den anschließenden Potentialschwankungen der posteklamtischen Phase (siehe das rechte Ende von C). Die biokzipitale Ableitung (III) läßt ebenfalls Ähnliches, wenn auch von etwas geringerem Ausmaß, erkennen. Die bifrontale Ableitung (I) behält demgegenüber das Bild, das sie *vor* dem Anfall zeigte, bei¹. Dieses Beispiel beweist also zweierlei: 1. Die physikalische Streuung ist selbst bei maximal großen bioelektrischen Spannungsschwankungen nicht derartig, daß eine *umschriebene* Erfassung der letzteren unmöglich wäre. 2. Wenn schon trotz der in Rechnung zu ziehenden physikalischen Streuung durch die Kopfschwarte der KS-Anfall noch *umschrieben* ableitbar bleibt, ist anzunehmen, daß die dadurch angezeigte abnorme Tätigkeit auf der Hirnrinde auch lokalisiert ist. Dieser Befund war nach den tierexperimentellen Untersuchungen (*Kornmüller* 1935) auch beim Menschen zu erwarten und ist hiermit erwiesen. Wenn also selbst die *stärksten Steigerungen des bioelektrischen Energiewechsels der Hirnrinde lokalisiert* bleiben können und *auch bei der Ableitung durch die Kopfschwarte umschrieben nachgewiesen* sind, so müßte eine bioelektrische Differenzierung der Hirnrinde des Menschen in noch größerem Maße möglich sein. Wir sehen darin eine weitere Begründung unseres Bestrebens, auch beim Menschen mehr, als dies bisher geschehen ist, örtliche bioelektrische Unterschiede zu suchen.

In einer späteren Mitteilung, die von bioelektrischen Untersuchungen über die anfallsweisen abnormen Tätigkeiten des ZNS, vor allem der Epilepsie, handelt, werden wir über weitere Beispiele zu den hier besprochenen Fragen berichten.

¹ Von geringen Störungen durch Muskelaktionsströme, die durch ihre Frequenz eindeutig gekennzeichnet sind, ist abzusehen.

Es soll noch ein Beispiel für die hier aufzuzeigende Möglichkeit der Erfassung örtlicher Differenzen im bioelektrischen Verhalten der Hirnrinde bei Ableitung durch die Kopfschwarte mitgeteilt werden. Zur Abb. 6 stellten wir fest, daß auf 3 verschiedenen, gleichzeitig vorgenommenen Ableitungen KS-Einzelentladungen beobachtet wurden, die durch ihre grobe zeitliche Unabhängigkeit der Ausdruck selbständiger Tätigkeiten der darunter liegenden Rindenstellen sind. Gelegentlich aber scheint es bei langsamer Papiergeschwindigkeit, daß KS-Schwankungen verschiedener Ableitungen einander zeitlich entsprechen. Die Verwendung größerer Papiergeschwindigkeiten kann dann in vielen Fällen aufweisen,

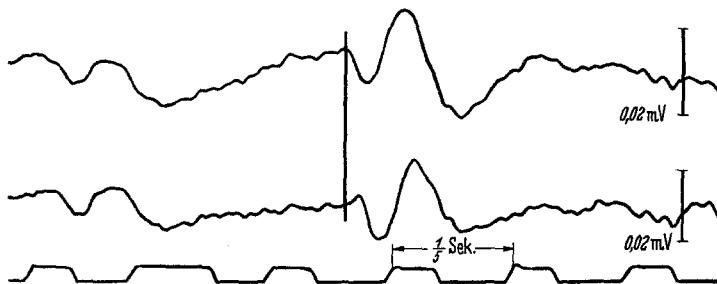


Abb. 8. Beschreibung siehe Text.

daß dies nicht genau zutrifft. Es lassen sich zwischen den Anfängen anscheinend entsprechender Schwankungen zeitliche Unterschiede auffinden (siehe ein Beispiel hierfür auf Abb. 8). In diesem Fall ist eine bipolare zentro-okzipitale Ableitung bei *Ro. H.* abgebildet, bei der die Elektroden 4,3 cm voneinander entfernt waren. Der große zeitliche Unterschied zwischen den beiden unipolaren Ableitungen läßt erkennen, daß es sich nicht um eine physikalische Streuung handeln kann, da bei Vorhandensein einer solchen der Kurvenbeginn gleichzeitig erfolgen müßte. Unter den Bedingungen der Registrierung dieser Kurven liegt also die Grenze der möglichen physikalischen Streuung unterhalb des obigen Wertes. Durch die Berücksichtigung solcher feinen zeitlichen Verhältnisse wird die Möglichkeit der Erfassung örtlich differenter bioelektrischer Tätigkeiten erweitert.

III. Besprechung der Ergebnisse.

Durch die vorgelegten Befunde wurde erwiesen, daß sich durch die Kopfschwarte eindeutige örtliche Unterschiede der hirnbioelektrischen Tätigkeit nachweisen lassen. Ausdrücklich sei betont, daß es sich um Unterschiede auf der *Kopfschwarte* handelt. Das Problem der feineren Zuordnung derartiger Befunde zu dem tatsächlichen Verhalten der Hirnrinde wird nach Abschluß laufender Untersuchungen an Tieren über diese Frage gesondert behandelt werden.

Durch die Erfassung *örtlicher Differenzen* ist eine weitergehende bioelektrische Kennzeichnung hirnpathologischer Vorgänge möglich als bei Bewertung lediglich der Kurvenform *einer einzigen Ableitung* (z. B. der üblichen fronto-occipitalen). Bei dem Versuch der bioelektrischen Gliederung der Schädeloberfläche, bei dem man naturgemäß mehrfache *gleichzeitige* Ableitungen benutzt, genügt nun die Berücksichtigung der Kurvenform allein nicht, wie wir auf Grund der tierexperimentellen Untersuchungen wissen. Vielmehr ist es notwendig, durch mehrfache gleichzeitige Registrierungen auch *zeitliche* Unterschiede zu erfassen, insbesondere dann, wenn die Kurven hinsichtlich der Form weitgehend ähnlich sind. So sind z. B. über ausgedehnten Gebieten der Schädeloberfläche des Menschen ähnliche *Kurvenbilder* zu beobachten, die sich aber durch Unterschiede im zeitlichen Ablauf als unabhängig voneinander erweisen. Dieses zeitliche Moment muß überhaupt bei allen derartigen Untersuchungen viel stärker berücksichtigt werden. Ein anderes Kennzeichen örtlicher Unterschiede wären endlich noch Abänderungen der „Spontanschwankungen“ im Zusammenhang mit motorischen Leistungen einerseits und Sinnesreizen andererseits (siehe z. B. Abb. 2).

Die vorgelegten Tatsachen geben Beispiele für das eben Ausgeführte. Die örtlichen Unterschiede betrafen die „Spontanschwankungen“ hinsichtlich Frequenz und Amplitude (Abb. 1), abnorme Reduktionen (Abb. 3) und Steigerungen der Spannungsproduktion (Abb. 4, 5 und 6), zeitliche Unterschiede (Abb. 6 und 8) und endlich die Veränderungen des bioelektrischen Bildes bei Augenöffnen (Abb. 2).

Schon bei den von uns zur ersten Orientierung am Menschen vorgenommenen bipolaren Ableitungen ergab sich, daß auch bei Gesunden eine größere Mannigfaltigkeit an „Spontanschwankungen“ auf der Kopfschwarte nachzuweisen ist, als allgemein angenommen wird. Es scheint uns schon jetzt sicher, daß mit α - und β -Wellen selbst beim Gesunden im Wachzustande die aufzufindenden Frequenzen nicht erschöpft sind. Es wird in keiner Weise bestritten, daß bei den von Berger gewählten Ableitungen Schwankungen dieser Frequenz vorherrschen. Tatsache ist, daß man bei bi- und „uni“polaren Ableitungen in der Occipitalregion ein Bild bekommt, daß der gleichzeitig vorgenommenen fronto-occipitalen Ableitung im allgemeinen gleicht. Wir sind auf Grund von solchen Befunden geneigt, uns der Auffassung von Adrian und Mitarbeitern (Matthews und Yamagiwa) über den Entstehungsort des Berger-Rhythmus anzuschließen. Schon die bifrontalen und bizentralen Ableitungen weisen aber in der Regel andere Kennzeichen auf als die fronto-occipitalen (siehe z. B. Abb. I A). Über Einzelheiten zur Frage der örtlichen Differenzen bei den „Spontanschwankungen“ können wir in absehbarer Zeit berichten.

Wohl am schwierigsten ist die Eingrenzung von Regionen mit *verminderter Spannungsproduktion*. Dabei ist stets erst die Frage zu klären,

ob eine Amplitudenverminderung wirklich einer reellen Verminderung der Tätigkeit entspricht. *So können bei bipolarer Ableitung über Gebieten mit weitgehend synchroner Spannungsproduktion stark reduzierte Amplituden gefunden werden, bei denen die unipolaren Ableitungen von den beiden Punkten der bipolaren Registrierung keine Amplitudenverringerungen aufweisen* (siehe Abb. 3C).

Die mitgeteilten Tatsachen beweisen, daß die anzunehmende Streuung der Hirnrindenpotentiale durch die darüber liegenden Medien nicht so groß ist, daß eine Lokalisation unmöglich wäre. Selbst bei stärkster Steigerung der bioelektrischen Tätigkeit (bei KS-Einzelentladungen und besonders im kontinuierlichen KS-Anfall) wurden innerhalb verhältnismäßig enger Grenzen noch deutlich Unterschiede gefunden (siehe Abb. 4, 5 und besonders Abb. 6C).

Wenn zwischen verschiedenen Punkten deutliche Unterschiede in der Frequenz der Schwankungen zu beobachten sind (Abb. 3D), so ist mit Sicherheit anzunehmen, daß keine faßbare physikalische Einstreuung der einen Stelle in den anderen Ableitekreis vorhanden war. Ebenso eindeutig gegen eine solche spricht die Tatsache, daß es gelingt, „inaktive“ Gebiete zu erfassen (Abb. 3A und B). Bei den hier mitgeteilten Fällen können wir sagen, daß bei Verwendung der üblichen Verstärkungen der Bereich der physikalischen Streuung kleiner sein muß als 4,5—6 cm. Genaue quantitative Werte über den Grad der Streuung sollen auf Grund von Tierexperimenten und an geeigneten Beispielen von kranken Menschen später angegeben werden. Wenn auch nach unseren Erfahrungen die Grenze zwischen Orten mit bioelektrischen Besonderheiten erwartungsgemäß nicht als linear zu bezeichnen ist, so besteht jedoch kein Zweifel, daß sich die Übergänge von einer bioelektrischen Besonderheit zur anderen auf erstaunlich kurzen Strecken vollziehen können. Um solche Grenzen zu bestimmen, ist es zweckmäßig, nicht nur eine bestimmte Ableitungsart (z. B. „uni“- oder bipolar) zu verwenden. Die enge bipolare Ableitung gibt eine größere Gewähr dafür, die bioelektrische Tätigkeit nur umschriebener Gebiete zu erfassen. Sie weist aber im allgemeinen kleine Amplituden auf und bedarf gelegentlich einer Kontrolle durch „unipolare“ Ableitungen (siehe Text zu Abb. 3C). Die unipolare Ableitung ergibt im allgemeinen größere Amplituden. Man darf bei dieser Ableitung aber nicht vergessen, 1. daß es sehr schwer, meist sogar unmöglich ist, eine wirklich indifferente Elektrode zu haben; 2. darf man bei Ableitung durch die Kopfschwarze nicht von vornherein der Auffassung sein, daß die „unipolare“ Ableitung nur die Potentialstreuungen unter der differenten Elektrode erfaßt. Eine endgültige Klärung dieser Frage steht noch aus. Es empfiehlt sich daher, von je zwei Punkten nach Möglichkeit zumindestens gleichzeitig uni- und bipolare Ableitungen vorzunehmen. Es ist auch erforderlich, *besondere Elektrodenanordnungen* anzuwenden. Die besondere Art der Elektroden-

anordnung richtet sich je nach Lage des Falles. Dafür sind oben Beispiele gegeben und die zugrunde liegenden Gedankengänge dargestellt worden (Abb. 3, 4 und 5). In diesem Zusammenhang weisen wir auch auf das von *Jasper* und *Hawke* ausgearbeitet „triangulation“-Verfahren hin, das auf dem von *Adrian* angegebenen Prinzip der Phasenumkehr aufbaut.

IV. Zusammenfassung.

1. Es wurden eindeutige Beispiele vorgelegt dafür, daß es auch bei *Ableitung durch die Kopfschwarze* gelingt, *örtliche Unterschiede der hirnbioelektrischen Tätigkeit* zu finden. Sie betrafen „Spontanschwankungen“, abnorme Reduktionen und Steigerungen.
2. An geeigneten Fällen wurden genaue Eingrenzungen der Areale mit bioelektrischen Besonderheiten vorgenommen.
3. Die Möglichkeit solcher Eingrenzungen erweist, daß die *physikalische Streuung* der bioelektrischen Erscheinungen der Hirnrinde durch die darüber liegenden Medien begrenzt ist.
4. Das *methodische Vorgehen* wurde eingehend besprochen.

Literaturverzeichnis.

Adrian, E. D. and *B. H. Matthews*: J. of Physiol. **80**, 1 (1933). — *Adrian, E. D.* and *K. Yamagiwa*: Brain **58**, 323 (1935). — *Berger, H.*: Arch. f. Psychiatr. **108**, 407 (1938). — *Gibbs, F. A.*, *E. L. Gibbs* and *W. G. Lennox*: Arch. of Neur. **36**, 1225 (1936); **39**, 298 (1938). — Brain **60**, 376 (1937). — *Jasper, H. H.* and *H. L. Andrews*: Arch. of Neur. **14**, 98 (1936); **39**, 96 (1938). — *Jasper, H. H.* and *W. A. Hawke*: Arch. of Neur. **39**, 885 (1938). — *Jasper, H. H.* and *I. C. Nichols*: Amer. J. Psychiatry **94**, 835 (1938). — *Kornmüller, A. E.*: Fortschr. Neur. **5**, 419 (1933); **7**, 391, 414 (1935a). — J. Psychol. u. Neur. **45**, 172 (1933). — Biol. Rev. Cambridge philos. Soc. **10**, 383 (1935). — Die bioelektrischen Erscheinungen der Hirnrindenfelder. Leipzig: Georg Thieme 1937. — *Tönnies, J. F.*: J. Psychol. u. Neur. **45**, 154 (1933). Naturwiss. **22**, 411 (1934). — *Walter, W. G.*: Proc. roy. Soc. Med. (Sect. Neur.) **1937**, 579.