

Aus der Hirnelektrischen Abteilung der Nervenklinik der Universität Göttingen
(Direktor: Prof. Dr. G. EWALD).

Über die unipolare Ableitung mit wechselnder indifferenter Elektrode im EEG.

Von

FRIEDRICH DUENSING.

Mit 6 Textabbildungen.

(Eingegangen am 22. Mai 1951.)

Obgleich die Elektrencephalographie schon seit mehr als einem Dezennium als routinemäßige klinische Untersuchungsmethode geübt wird, herrscht doch hinsichtlich der günstigsten Methodik des Abgriffs keineswegs Einmütigkeit unter den maßgebenden Autoren. Einige EEG-Forscher stützen sich vornehmlich auf die unipolare Ableitung und schätzen den Wert der bipolaren Registrierung nur gering ein (KORN-MÜLLER). Umgekehrt werden in anderen EEG-Laboratorien — so z. B. in denen Englands — fast ausschließlich bipolare Reihenableitungen in sagittaler und transversaler Richtung vorgenommen. Schließlich gibt es Untersucher, welche sowohl unipolare als auch bipolare Ableitungen anwenden (JUNG, DUENSING).

Jene Autoren, welche die unipolaren Ableitungen verwerfen, lassen sich in erster Linie von der Tatsache leiten — sie wurde von JUNG schon 1939 hervorgehoben —, daß die pathologischen Schwankungen temporal lokalisierter Herde in die Ohrelektrode einstreuen und somit unter Umständen einen über eine ganze Hemisphäre ausgedehnten Deltaherd vortäuschen können. Da bei unipolaren Registrierungen überdies vielfach mit gekoppelten Ohrelektroden abgeleitet wird, kann sogar durch einen einseitigen Deltaherd die Aktion beider Hemisphären Veränderungen erleiden. Dieser Nachteil der unipolaren Ableitungen läßt sich nicht nur vermeiden, sondern zugleich in ein diagnostisches Positivum umwandeln, wenn man, wie MEYER-MICKELEIT und JUNG 1949/50 vorgeschlagen haben, bei den Ableitungen beide Ohren differenziert. Wir haben, angeregt durch die Vorschläge der genannten Autoren, in letzter Zeit folgende Methodik entwickelt: Es wird von einer größeren Anzahl von Kopfpunkten — etwa denen, die das KORNMÜLLERSche Schema vorsieht — 1. zum gleichseitigen Ohr, 2. zum kontralateralen Ohr, also nach Kreuzung der „indifferenten“ Elektrode, und 3. unter Umständen zu einer gemeinsamen Scheitelektrode abgeleitet.

Im folgenden soll kurz durch einige in systematischer Ordnung angeführte Beispiele gezeigt werden, welche speziellen Bilder sich bei

Herden verschiedener Lokalisation bei Anwendung dieser Methode, die man als unipolare Ableitung mit wechselnder indifferenten Elektrode bezeichnen könnte, ergeben.

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, bei dem uns zur Zeit zur Verfügung stehenden Vierfachsreiber die Untersuchung mit 2 frontal oder zentral und 2 im Gebiet beider Parietallappen symmetrisch gesetzten Elektroden zum homolateralen Ohr zu beginnen. Treten nun

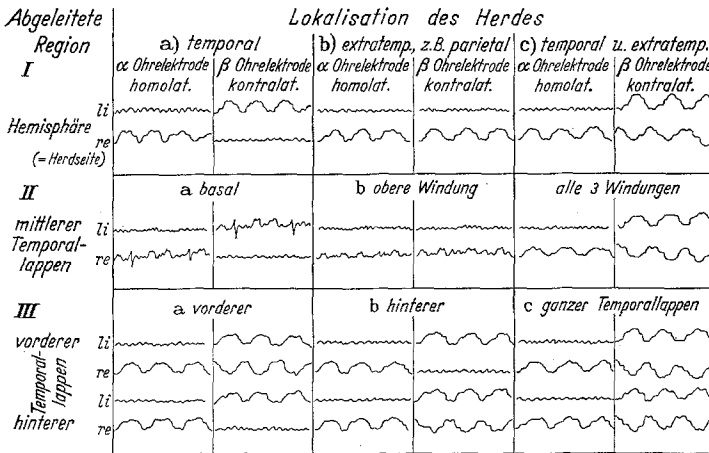


Abb. 1. Übersicht über das Verhalten von Deltawellen oder anderweitiger pathologischer Schwan- kungen nach Kreuzung der Ohrelektroden bei Herden verschiedener Lokalisation. α = Ohrelektroden homolateral; β = Ohrelektroden kontralateral. Reihe I Differentialdiagnose zwischen temporalem (a) und extratemporalem (b) Sitz des Prozesses durch supratemporale Ableitungen. II. Differential- diagnose zwischen Basis und oberer Windung des Schläfenlappens. III. Differentialdiagnose zwischen vorderem, hinterem und ganzem Temporallappen; also Abgrenzung der Ausdehnung des patholo- gischen Fokus in der Sagittalen. Weitere Erklärungen im Text.

auf einer Seite, etwa auf der rechten, Deltawellen auf, so gestattet die nachfolgende Ableitung von den gleichen Elektroden zum kontra- lateralen Ohr sofort die Differentialdiagnose zwischen 3 Möglichkeiten (Abb. 1, I. a—c): a) Entstammen die in den beiden rechten Ableitungen gefundenen trägen Wellen dem rechten Schläfenlappen, so wandern die Deltawellen mit der Ohrelektrode zur linken Seite hinüber (Abb. 1, I, a, α , β sowie Abb. 2a, b). b) Sind dagegen Frontallappen oder Parietal- lappen das Ursprungsgebiet, so ändert sich an dem Bild durch die Kreuzung der Ohrelektroden — bis auf eine gewisse allgemeine Ampli- tudenvergrößerung — nichts, die Deltawellen bleiben an ihrem Platz (je nach Lage des Herdes werden sie frontal oder parietal deutlicher aus- geprägt sein) (siehe Abb. 1, I, b). c) Wieder anders ist das Bild, wenn es sich um einen Herd handelt, der die Konvexität und den Temporallappen zugleich betrifft. Hier erscheinen in der Ableitung zum kontralateralen

Ohr beiderseits in Gegenphase schwingende Deltawellen: Neben den trägen Schwankungen in der Registrierung der Herdseite findet man in der Kurve des gegenseitigen Kopfpunktes Deltawellen, die aus der Ohrelektrode unter dem Herd stammen (Abb. 1, I, c). Sie schwingen in Gegenphase, weil sie von dem positiven Pol des herdgegenseitigen Verstärkersystems aufgenommen werden, während sie auf der Herdseite in den negativen Pol hineinkommen¹. Daß die Deltawellen je nachdem, ob der Herd vorwiegend parietal oder vorwiegend temporal lokalisiert ist, bald in der einen, bald in der anderen Registrierung von größerer Amplitude sein werden, bedarf nur kurz der Erwähnung.

Zur Sicherung des Resultates kann die Ableitung von den genannten Elektroden der Konvexität zum Scheitel dienen: Die zunächst gefundenen trägen Wellen verschwinden, sofern es sich um einen isolierten Temporalappenfokus handelt (siehe Abb. 2 c), sie bleiben dagegen erhalten bei Herden im Gebiet der supratemporalen Konvexitätsabschnitte.

Haben die in der geschilderten Weise mit 3 verschiedenen indifferenten Elektroden vorgenommenen unipolaren Ableitungen von den parasagittal und im mittleren Sektor der Konvexität gesetzten Elektroden regelmäßig einen Seitenwechsel der abnormen Schwankungen mit der Kreuzung der Ohrelektrode ergeben und damit einen *temporalen* Herd angezeigt, so kann durch die Registrierung von den im Temporalappenbereich selbst angebrachten Elektroden noch eine weitere und feinere Entscheidung darüber getroffen werden, ob der basale, obere oder ganze Schläfenlappen — von der Basis bis zur Windung I — Deltawellen oder anderweitige pathologische Potentiale hervorbringt².

Wir gehen aus von einer Registrierung des mittleren Schläfenlappens zum homolateralen Ohr, die auf der rechten Seite Deltawellen zeigen möge. Kreuzt man nun die Ohrelektroden, so können verschiedene Änderungen erfolgen. a) Liegt der Herd *temporo-basal*, so erscheinen in der Kurve der *Herdgegenseite* aus dem Ohrläppchen der Herdseite stammende Deltawellen (Abb. 1, IIa sowie Abb. 4). b) Beschränkt sich dagegen der Fokus auf die 1. und 2. Schläfenwindung, so treten mit der Kreuzung Deltawellen auf der Herdseite nunmehr etwas deutlicher hervor; die Kurve der Gegenseite bleibt normal, sofern die Spannungsproduktion der Schläfenlappenbasis nicht alteriert ist (siehe Abb. 1, IIb). Nur bei sehr kleinen Herden im Gebiet des oberen Schläfenlappens wird man diese Konstellation realisiert finden. Da derartige Herde in der Regel mit milderer Veränderungen der Hirnaktion einhergehen, wurden in das

¹ Bei unserer unipolaren Ableitung werden die *Kopfpunkte* mit dem negativen Pol und die *Ohrelektroden* mit dem positiven Pol der Verstärker verbunden.

² MEYER-MICKELEIT wies 1950 darauf hin, daß eine Differenzierung der oberen und unteren Temporalappenregion durch eine Reihenableitung einerseits und eine Ohrableitung andererseits möglich sei.

Schema intermediäre Deltawellen (Thetawellen) eingezeichnet. c) Sehr häufig kommt dagegen die 3. theoretische Möglichkeit vor: In der

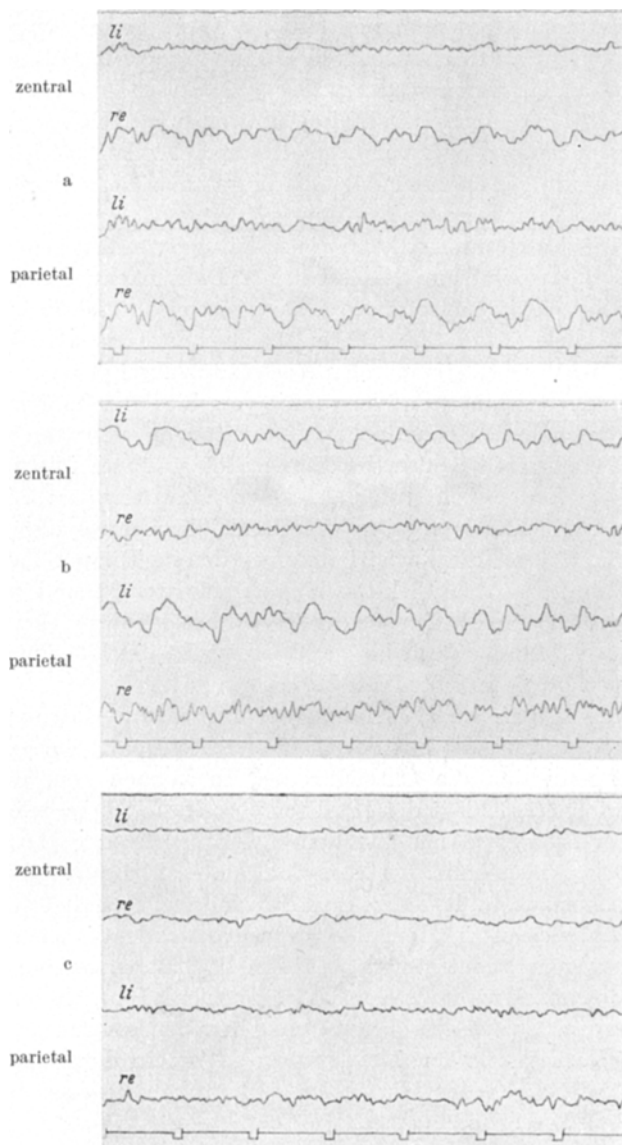
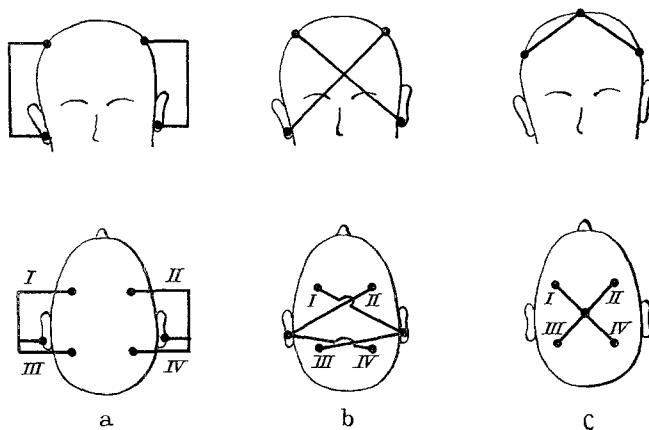


Abb. 2. Astrozytom des rechten Temporallappens. Registrierung von der Zentralregion und vom hinteren Parietallappen beiderseits a) mit homolateraler Ohrelektrode. Deltawellen in den beiden rechten Ableitungen. b) Ohrelektrode kontralateral. Die nach links hinübergewanderten Deltawellen stammen aus der rechten Ohrelektrode. c) Ableitung zum Scheitel. Rechts parietal nur noch angedeutet einige Deltawellen und einige Zwischenwellen als Nachbarschaftssymptom.

Registrierung zum kontralateralen Ohr zeigen *beide* Seiten langsame Deltawellen, die genau in Gegenphase schwingen; die scheinbar herdgegenseitigen stammen aus der Ohrelektrode der Herdseite (Abb. 1, IIc und Abb. 3, Registrierung vom mittleren Temporallappen). Derartige Bilder sieht man in der Regel bei Geschwülsten und otogenen Abscessen des Temporallappens, während der rein basale Fokus des Temporallappens beispielsweise nach Durchschüssen durch den Gesichtsschädel etwa vom Jochbein zum Warzenfortsatz, nach Kontusionen (Abb. 5),



Schaltenschema zu Abb. 2. I = oberste Zeile in a bis c der Abb. 2.

ferner als Restbefund nach otogenen Encephalitiden und Abscessen sowie schließlich bei genuinen Epilepsien mit Dämmerattacken angetroffen wird. — Die Nähe der beiden Elektroden in den Ableitungen vom mittleren Temporallappen — dicht oberhalb des Ansatzes der Ohrmuscheln — zum homolateralen Ohr, bringt es mit sich, daß pathologische Schwankungen oft beide Elektroden im gleichen Augenblick treffen und deshalb nicht registriert werden. So kann man erleben, daß ein Herd — z. B. ein Absceß — des Schläfenlappens in der Registrierung zum homolateralen Ohr lediglich zu einer Reduktion der Alphawellen Anlaß gibt oder gerade angedeutet langsame Schwankungen der Grundlinie zeigt, während erst in der Registrierung zum kontralateralen Ohr großamplitudige gegenphasische Deltawellen auftreten. Auch kleine Krampfpotentiale kommen nicht selten erst in der letztgenannten Ableitung zum Vorschein, wie Abb. 5 zeigen möge.

In unseren bisherigen Ausführungen haben wir aus didaktischen Gründen unterstellt, daß sich die beiden Ableitungen jeder Kopfseite identisch verhalten. Es wären aber nunmehr noch kurz die Differenzen zwischen der Aktion verschiedener Kopfpunkte einer Seite zu besprechen, die diagnostische Schlüsse hinsichtlich der Lage des Fokus in bezug auf

die Sagittale erlauben. Es würde zu weit führen, sämtliche in Frage kommenden Möglichkeiten zu erörtern; vielmehr wollen wir uns darauf beschränken, zwischen der Lokalisation im vorderen und hinteren Temporallappen zu differenzieren. Erstreckt sich der lokale Prozeß vornehmlich auf den *vorderen* Schläfenlappen, so pflegen sowohl die Registrierung vom Temporallappenpol als auch von der Temporo-Occipital-

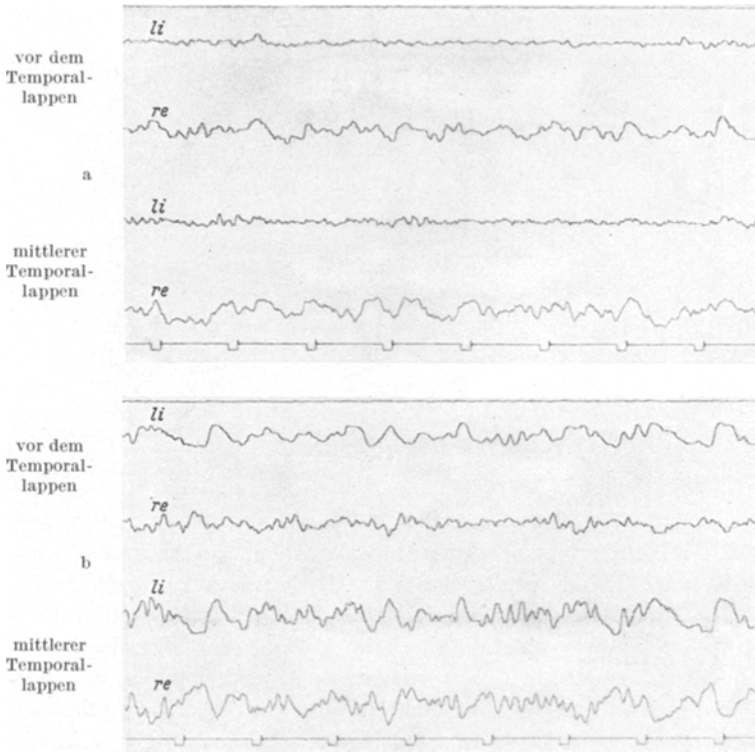


Abb. 3. Stammt vom gleichen Fall wie Abb. 2. Registrierung vor dem Temporallappenpol sowie vom mittleren Schläfenlappen dicht oberhalb des Ansatzes der Ohrmuschel. a) Ohrelektrode homolateral. Deltawellen auf der rechten Seite. b) Ohrelektrode kontralateral. Seitenwechsel der Deltawellen in der Ableitung vor dem Temporallappenpol, der nur noch wenige träge Schwankungen erkennen läßt, nachdem die „Indifferente“ zur Tumor-Gegenseite verlegt worden ist. Die Kurve des mittleren Schläfenlappens zeigt links gegenphasische träge Schwankungen, die aus der rechten Ohrelektrode stammen; Basis und obere Windung senden also gleichmäßig Deltawellen.

region zum homolateralen Ohr — infolge Einstreuung von Deltawellen in die „Indifferente“ — träge Schwankungen aufzuweisen (Abb. 1, III a, α). Nach Kreuzung der Ohrelektroden werden in diesem Falle aber in der Registrierung von beiden vorderen Schläfenlappen gegenphasische Deltawellen zu finden sein (von denen die scheinbar auf der Herdgegenseite registrierten aus der Ohrelektrode der Herdseite stammen). In der

Ableitung vom hinteren Temporallappen dagegen bleibt nunmehr die Herdseite frei, deren indifferente Elektrode nach der Kreuzung auf der Gegenseite liegt (Abb. 1, IIIa, β).

Bei einem Prozeß des hinteren Temporallappens ergeben sich umgekehrte Verhältnisse, nach dem Tausch der Ohrelektroden wird die Ableitung vom vorderen Temporallappen nahezu frei von Deltawellen (siehe Abb. 3, a, b, obere Registrierung sowie Abb. 1, IIIb). Abb. 1, IIIc

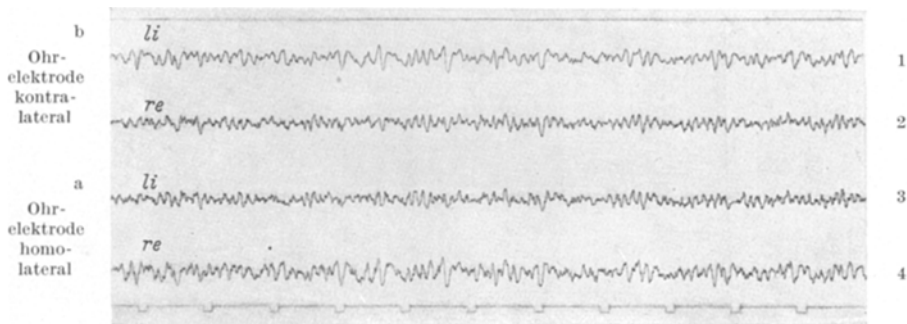
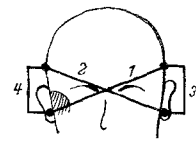


Abb. 4. Fall von vermutlich genuiner Epilepsie; rechts temporo-basaler Fokus mit Zwischenwellen und spikes. Simultane Ableitung vom mittleren Schläfenlappen zum homolateralen (Zeile 3 u. 4) und kontralateralen (Zeile 1 u. 2) Ohr. Der Seitenwechsel der angegebenen Veränderungen bei gekreuzten Ohrelektroden zeigt die temporo-basale Lage des Fokus an. Einige spikes sind andeutungsweise zur Gegenseite irradiiert. Man beachte, daß die pathologischen Schwankungen in der obersten und untersten Zeile mit gleicher Phasenrichtung schwingen, da sie vom gleichen Pol (Ohrelektrode) dieser Verstärker aufgenommen werden.

zeigt den Effekt der Kreuzung bei einem die ganze Länge des Temporallappens einnehmenden Herd. Auf die Besprechung der extratemporalen Herde kann verzichtet werden; es wurde bereits erwähnt, daß sich das Bild mit dem Tausch der Ohrelektrode nicht wesentlich ändert, sofern die Basis des Schläfenlappens an der Produktion pathologischer Wellen nicht teilnimmt.

Kommt es darauf an, im Zuge einer Registrierung festzustellen, ob etwaige pathologische Potentiale von der Konvexität oder vom Temporallappen stammen — diese Notwendigkeit ergibt sich z. B. bei den unter Provokationsmaßnahmen vorgenommenen EEG-Ableitungen — und stehen nur 4 Kanäle zur Verfügung, so empfiehlt es sich, 2 etwa zentral symmetrisch zueinander lokalisierte Elektroden 1. mit dem homolateralen und 2. mit dem kontralateralen Ohr zu verbinden. Man hat damit die unter Abb. 1, Ia angegebenen beiden Schaltungen auf eine Kurve gebannt. Noch günstiger ist die Ausnutzung der Registriersysteme, wenn man von einem Punktepaar der Konvexität zum homolateralen und vom Temporallappen beiderseits zum kontralateralen Ohr ableitet (siehe



Schaltenschema zu Abb. 4.

Abb. 6). In dieser Anordnung wird die Aktion von 3 Punkten jeder Kopfseite untersucht und es läßt sich auf *einer* Kurve ablesen, ob der basale, der obere, der ganze Temporallappen oder die Konvexität (am Ort der gesetzten Elektrode) betroffen ist (Schaltung I a, α und II b, β sind kombiniert).

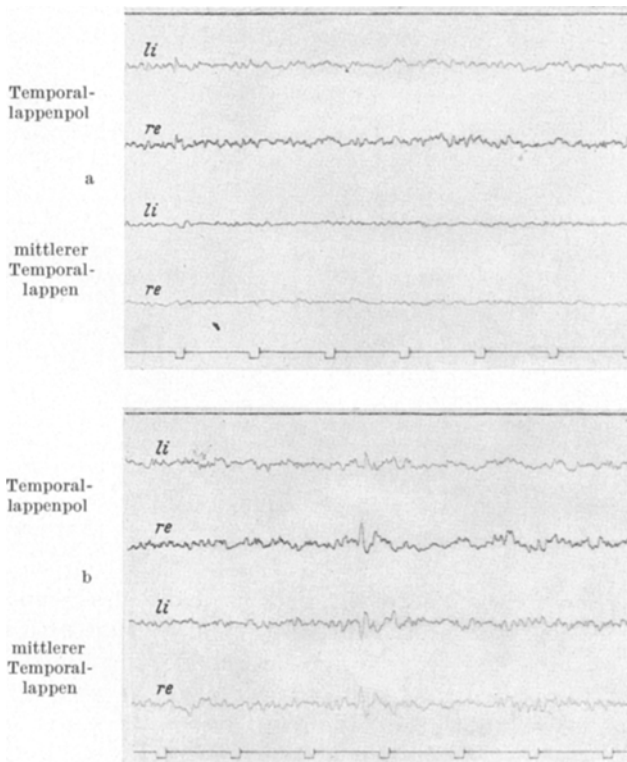


Abb. 5. Fall von postkontusioneller Epilepsie nach Sturz aus 2 m Höhe im März 1941. Organische Anfälle seit Juni 1942; neurologischer Befund o. B. EEG-Ableitung vor dem Temporallappenpol und vom mittleren Schläfenlappen a) Ohrklemme homolateral; nur zu Anfang der Kurve gerade angedeutet ein kleines Spitzenpotential links temporal vorn mit Irradiation zur Gegenseite. In der Ableitung zum kontralateralen Ohr (b) in beiden Registrierungen jeweils gegenphasisch schwingendes Spitzenpotential. Die Amplitude des aus der linken Ohrelektrode (auf der rechten Seite) stammenden biphasischen Potentials ist etwas größer als die der analogen linksseitigen Schwankung. Der Krampfherd liegt also temporo-basal.

Werfen wir abschließend noch kurz den Blick auf ähnliche, von anderen Autoren angegebene Ableitungsschemen: JUNG hat 1950 den Vorschlag gemacht, von 4 Punkten einer Kopfseite zuerst zum gleichseitigen und anschließend zum gegenseitigen Ohr zu registrieren und danach mit 4 Punkten der anderen Kopfseite ebenso zu verfahren. Es schließen sich Ableitungen von symmetrischen Punkten 1. gegen das linke und 2. gegen

das rechte Ohr an. Auch BASSETT und BAGCHI empfehlen Registrierungen von verschiedenen Kopfpunkten erst zum rechten und dann zum linken Ohr.

Es mag dem einzelnen Untersucher überlassen bleiben, ob er zuerst über die Aktion jeder Hemisphäre für sich ein Übersichtsbild gewinnen oder von vornherein mit den Seitenvergleichen beginnen will, die bekanntlich für den Nachweis geringer Seitenunterschiede der Aktion — etwa in der Ausprägung oder Frequenz des Alpharhythmus — unbedingt notwendig sind. Ein Nachteil der Registrierungen von symmetrischen Kopfpunkten zu einem Ohr scheint uns zu sein, daß zwischen dem rechten und linken Abgriff differente Elektrodendistanzen entstehen, die unerwünscht sind, wenn es gilt, Differenzen in der Amplitudengröße physiologischer oder pathologischer Wellen festzustellen. Ein Vorzug der Registrierung von 4 Punkten zu einem Ohr ist dagegen die Möglichkeit, die Aktion von 4 Regionen einer Hemisphäre *simultan* zu vergleichen. Wir möchten empfehlen, diese Registrierung nachzuholen, wenn die rechts/links-Vergleiche auf einer Seite einen Herdbefund zutage gefördert haben. Steht ein 8fach-Schreiber zur Verfügung, so ist es unseres Erachtens das Gegebene, sinngemäß nach dem in Abb. 1 skizzierten Schema vorzugehen, d. h. von 4 Punkten jeder Kopfseite a) zum homolateralen Ohr, b) zum kontralateralen, c) zu einer Scheitelektrode abzuleiten und in dieser Weise mittels einer zweiten oder dritten Serie von 4 Punkten die ganze Konvexität abzutasten¹.

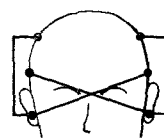


Abb. 6.
Erklärung im Text.

Ob es notwendig ist, die von BAGCHI und BASSETT vorgeschlagenen verschiedenartigen Registrierungen sämtlich im Einzelfall vorzunehmen, müssen weitere Erfahrungen lehren. Fraglich ist es uns, ob eine Voraussetzung, von der diese Autoren ausgehen, nämlich die Annahme, daß durch Ableitungen von einer Konvexität zum anderen Ohr pathologische Wellen aus der Tiefe der Hemisphäre erfaßt werden, zutrifft. Eigene Tierexperimente lehren in Übereinstimmung mit früher von JUNG und KORNMÜLLER publizierten, daß beispielsweise im Striatum oder Thalamus künstlich erzeugte, großamplitude Krampfpotentiale und Deltawellen die Rindenaktion unverändert lassen, sofern eine Irradiation zum Cortex nicht stattfindet.

Wir haben die beschriebene Methode „unipolare Ableitung mit wechselnder indifferenten Elektrode“ genannt. Diese Bezeichnung bezieht

¹ *Anmerkung bei der Korrektur:* Wir empfehlen, mit dem 8fach-Schreiber, den wir neuerdings benutzen, von 12 Punkten jeder Kopfseite, und zwar einer parasagittalen, einer mittleren und einer basalen 4-Punkte-Reihe entsprechend unserer Methode abzuleiten.

sich aber nur auf den äußeren Vorgang und bedarf einer Richtigstellung: Wenn wir die Ohrelektroden kreuzen, so handelt es sich hier um eine Prüfung, welche der Elektroden different und welche indifferent sind. Beim temporalen Herd zeigt das Phänomen des Seitenwechsels der Delta-Wellen, daß in Wirklichkeit die „indifferente“ Elektrode am Ohr läppchen die aktive und die auf den Kopf gesetzte — in bezug auf die Untersuchungssituation — relativ indifferent ist.

Der 2malige Wechsel der „indifferenten“ Elektrode mag zunächst als ein kompliziertes Verfahren erscheinen, die sehr befriedigenden diagnostischen Resultate rechtfertigen aber den zusätzlichen Material- und Zeitaufwand vollauf. Besonders günstig sind die Ergebnisse bei den temporo-basal lokalisierten Prozessen, deren pathologische Spannungsschwankungen bisweilen nur die Ohrelektrode erreichen und die mit anderen Methoden schwieriger oder gar nicht zu erfassen sind (Beispiel Abb. 5).

Zusammenfassung.

Als Standardableitung für die Untersuchung des Elektrencephalogramms wird vorgeschlagen die Registrierung von 10—12 Punkten jeder Kopfseite a) zum gleichseitigen Ohr, b) zum gegenseitigen Ohr und c) zu einer Scheitelektrode. An Hand eines Schemas und einiger Kurvenbeispiele wird gezeigt, welche Bilder sich bei temporalen und extratemporalen Herden ergeben und welche Wandlungen des Kurvenbildes bei Herden an verschiedenen Stellen des Schläfenlappens mit der Kreuzung der Ohrelektrode stattfinden. Auf die Bedeutung dieser Ableitungsanordnung für den Nachweis temporo-basaler Foki wird hingewiesen.

Literatur.

BAGCHI and BASSETT: J. Neurosurg. IV, 348 (1947). — DUENSING, F.: Arch. f. Psychiatr. **182**, 51 (1949). — JUNG, R.: Nervenarzt **12**, 583 (1939). — Med. Klin. 257 und 289 (1950). — JUNG u. KORNMÜLLER: Arch. f. Psychiatr. **109**, 1 (1939). — KORNMÜLLER, A. E.: Klinische Elektrencephalographie, München, Berlin. J., F. Lehmann 1944. — MEYER-MICKELEIT: Zbl. Neur. **108**, 326 (1950).

Professor Dr. F. DUENSING, Göttingen, Geiststr. 11.