

Aus der Hirnelektrischen Abteilung der Universitäts-Nervenlinik Göttingen
(Direktor: Prof. Dr. G. EWALD).

Das Elektrencephalogramm beim Hirntumor*.

Von

FRIEDRICH DUENSING.

Mit 11 Textabbildungen.

(Eingegangen am 23. Juli 1948.)

Ein praktisch wichtiges und dankbares Anwendungsgebiet der Elektrencephalographie stellen die Hirngeschwülste dar. Wenn sich auch gezeigt hat, daß durchaus nicht in allen Fällen eine exakte Tumorlokalisation auf hirnelektrischem Wege gelingt, so vermag die Methode doch vielfach in so wesentlichem Maße zur Beurteilung des Krankheitszustandes beizutragen, daß derjenige, der sie anzuwenden einmal begonnen hat und Erfahrungen hinsichtlich ihrer Möglichkeiten und Grenzen sammeln konnte, dieses diagnostische Hilfsmittel nicht mehr wird missen wollen. Über Veränderungen der Hirnaktion bei Kranken mit intrakraniellen Geschwülsten liegen bereits eine Reihe von Mitteilungen vor. BERGER hat erstmalig im Jahre 1931 über eine allgemeine Verlangsamung der Alphawellen bei 2 Tumoren der hinteren Schädelgrube sowie über örtliche Störungen der Hirnaktion im Bereich einer Trepanationslücke über einem Neoplasma berichtet. Orientierende Untersuchungen am operativ freigelegten Gehirn wurden 1935 von FOERSTER und ALTENBURGER sowie von TÖNNIES durchgeführt, die über Geschwülsten eine Abschwächung oder Aufhebung der von dem umgebenden Gewebe ableitbaren Spontanschwankungen nachwiesen. 1936 erschien die grundlegende Arbeit von WALTER über die Lokalisation von Hirntumoren am uneröffneten Schädel durch Registrierung von langsamen Schwankungen großer Amplitude, die auf seinen Vorschlag hin seither als Deltawellen bezeichnet werden. Nachuntersuchungen von WILLIAMS und GIBBS sowie von CASE und BUCY u. a. erbrachten Bestätigungen der Befunde von WALTER. Auch JUNG und KORNMÜLLER berücksichtigten in ihren Arbeiten Veränderungen des Elektrencephalogramms beim Hirntumor. Weitere Untersuchungen über die Hirnaktion bei den intrakraniellen Neubildungen sind jedoch keineswegs überflüssig, da zahlreiche Fragen noch offen geblieben sind. In dem von uns vorgelegten Beitrag soll der Versuch

* Herrn Prof. Dr. GOTTFRIED EWALD zum 60. Geburtstag gewidmet.

unternommen werden, nicht nur über das Elektrencephalogramm (EEG.) einer größeren Zahl von Hirntumoren (84 Fälle) zu berichten, sondern darüber hinaus das hirnelektrische Bild pathogenetisch zu deuten und in den Rahmen der klinischen Gesamtsituation einzuordnen. Die Überschriften der einzelnen Abschnitte weisen auf die angeschnittenen Problemstellungen hin.

Die *Methodik* war dieselbe wie sie in unserer Arbeit über das EEG. bei Hirnverletzungen (2) beschrieben worden ist. Wir benutzten weiter die in Anlehnung an die Angaben von JUNG (1) gebaute Apparatur, welche nach entsprechender Verstärkung eine Registrierung der Hirnaktion mit Hilfe von Schleifenscillographen gestattet. Bei allen Patienten wurden unipolare Ableitungen an symmetrisch zueinander gelegenen Punkten der rechten und linken Schädelseite nach einem von KORNMÜLLER mitgeteilten 20-Punkteschema (siehe Abb. 1a) vorgenommen; darüber hinaus hat es sich als notwendig erwiesen, zur Erkennung der fronto-basalen Tumoren dicht über den Augen zu registrieren. Bei einigen schwerkranken Patienten haben wir uns mit orientierenden Ableitungen von 4–6 Punktpaaren begnügen müssen, um die Dauer der Untersuchung abzukürzen. In einzelnen Fällen wurden ergänzend 3fach unipolare sowie 3fach bipolare Registrierungen gewonnen. Die Empfindlichkeit der Verstärkung betrug in der Regel 20 mm je 100 μ V; die Registrierdauer wurde verschieden lang bemessen; von manchen Kranken sind 20–30 m lange Kurven aufgenommen worden.

Die *Art der EEG.-Störungen* bei Hirntumoren ist prinzipiell die gleiche wie bei anderen herdförmigen intrakraniellen Prozessen; über Einzelheiten geben unsere Abbildungen Aufschluß. Es sei hier angemerkt, daß nach unserer eigenen Meinung die verschiedenen abnormen EEG.-Phänomene als Ausdruck unterschiedlicher Intensitätsgrade der Nervenzellschädigung aufgefaßt werden können: Aktivierung und Reduktion des Alphanrhythmus dürften Zeichen einer blanden Störung bestimmter Rindenfunktionen sein; bei etwas stärkerer Wirkung der Noxe treten kleine und mittelgroße Deltawellen¹ auf den Plan, und die langsamen Deltawellen, wie man sie bei den meisten Tumoren findet, sind Symptom einer erheblichen Beeinträchtigung corticaler oder diencephaler Funktionen.

I. Die Vielgestaltigkeit der hirnelektrischen Bilder bei Tumoren.

Im Hinblick auf die grundsätzlichen Unterschiede, die zwischen Tumoren der Hemisphären und der Kleinhirngrube nicht nur hinsichtlich der Auswirkungen auf die inneren und äußeren Liquorräume, sondern auch bezüglich des Einflusses auf die Hirnaktion bestehen, werden zunächst nur Tumoren des *Großhirns* einschließlich der Großhirnganglien (72 Fälle) besprochen. Infratentoriell gelegene Geschwülste sollen erst im Abschnitt VII behandelt werden.

¹ Kleine Deltawellen sind in unserer Nomenklatur Schwankungen von 5 bis 7,5 Hz, die aus dem Grundrhythmus nicht herausragen. Mittelgroße Deltawellen = Schwankungen von 5–7,5 Hz, die nicht mehr als 50 % der Amplitude des Grundrhythmus besitzen. Über die Terminologie s. im übrigen JUNG (1), (2).

Um von der Mannigfaltigkeit der EEG.-Befunde bei Hirntumoren einen Eindruck zu vermitteln, berichten wir in kurzer Form über eine Reihe von einschlägigen Beobachtungen. Als Einteilungsprinzip soll dabei im wesentlichen die Ausbreitung der EEG.-Veränderungen dienen, die, wie vorweg bemerkt sei, bei gleicher Tumorgroße sehr verschieden sein kann: Nur bei einem Teil der Großhirnsgeschwülste sind die Störungen der Hirnaktion auf das den Tumor deckende Rindengebiet beschränkt (Gruppe I). In vielen Fällen sind die Deltawellen auf der Seite der Geschwulst auch fernab vom Neoplasma abzuleiten (Gruppe II). Teilweise gelingt trotzdem die Lokalisation mit leidlicher Genauigkeit, sofern die Deltawellen über dem Tumor die langsamste Frequenz und größte Amplitude haben. Vielfach hebt sich das Tumorgebiet jedoch nicht deutlich durch die besondere Intensität der EEG.-Veränderungen heraus. In eine III. Gruppe, die zahlenmäßig allerdings stark zurücktritt, hätten wir Geschwülste einzuordnen, bei denen die Deltawellen — die auch in Gruppe I und II gelegentlich kontralateral beobachtet wurden — von beiden Hemisphären in seitengleicher oder nur wenig seitendifferenzierter Weise zu registrieren waren. Und schließlich ist kurz auf Tumoren ohne greifbare Abwegigkeiten in der Hirnaktion (Gruppe IV) einzugehen.

I. Die EEG.-Veränderungen sind auf das Tumorgebiet beschränkt. Deltawellenherd bei einem frontobasalen Meningeom.

Berl. Neurologischer Befund: Stauungspapille li. von 4, re. von 2 Dioptrien mit Opticusatrophie beiderseits. Geringe zentrale Hypoglossusparesie re., leichte Spastik und Hyperreflexie im re. Arm; Patellarsehnenreflex dagegen li. etwas lebhafter, Babinski beiderseits +, Gang und Sprache o. B. In psychischer Hinsicht keine Auffälligkeiten.

EEG.: Langsame Deltawellen mit steilem an- und absteigenden Schenkel oberhalb des li. Auges (s. Abb. 1b). An der Stirnhaargrenze (Punktpaar 1/2) beiderseits einige Deltawellen, die aber links deutlicher sind als rechts (Abb. 1c). Im Gebiet der Kranznaht (Punktpaar 7/8) li. einige kleine Deltawellen. Über dem Parietallappen verhält sich die Aktion normal (Abb. 1d). Sinngemäß die gleichen Verhältnisse zeigen die längs der Hirnbasis vorgenommenen Ableitungen; dicht oberhalb der Ohrmuschel entspricht das Bild bereits der Norm.

Operationsbefund¹: Weiches, zellreiches Meningeom li. frontobasal.

Herdförmige Alphawellenreduktion bei einem Gliom des rechten Temporallappens.

Fi. Neurologisch: Stauungspapille von 2 Dioptrien beiderseits, konzentrische Einengung der Gesichtsfelder, leichte zentrale VII und XII Parese li. sowie latente Parese des li. Armes ohne Reflexdifferenzen. Psych. o. B.

EEG.: Deutliche Reduktion des Alparhythmus re. temporal an den Punkten 12 und 14 (Abb. 2a); inkonstante Reduktion temporo-occipital re. (Abb. 2b).

Operation: Infiltrierend wachsendes Gliom des re. Schläfenlappens.

¹ Herrn Dozent Dr. OKONEK, Leiter der Neurochirurgischen Abteilung an der Chirurgischen Klinik Göttingen, bin ich für die bereitwillige Überlassung der Operationsbefunde zu großem Dank verpflichtet.

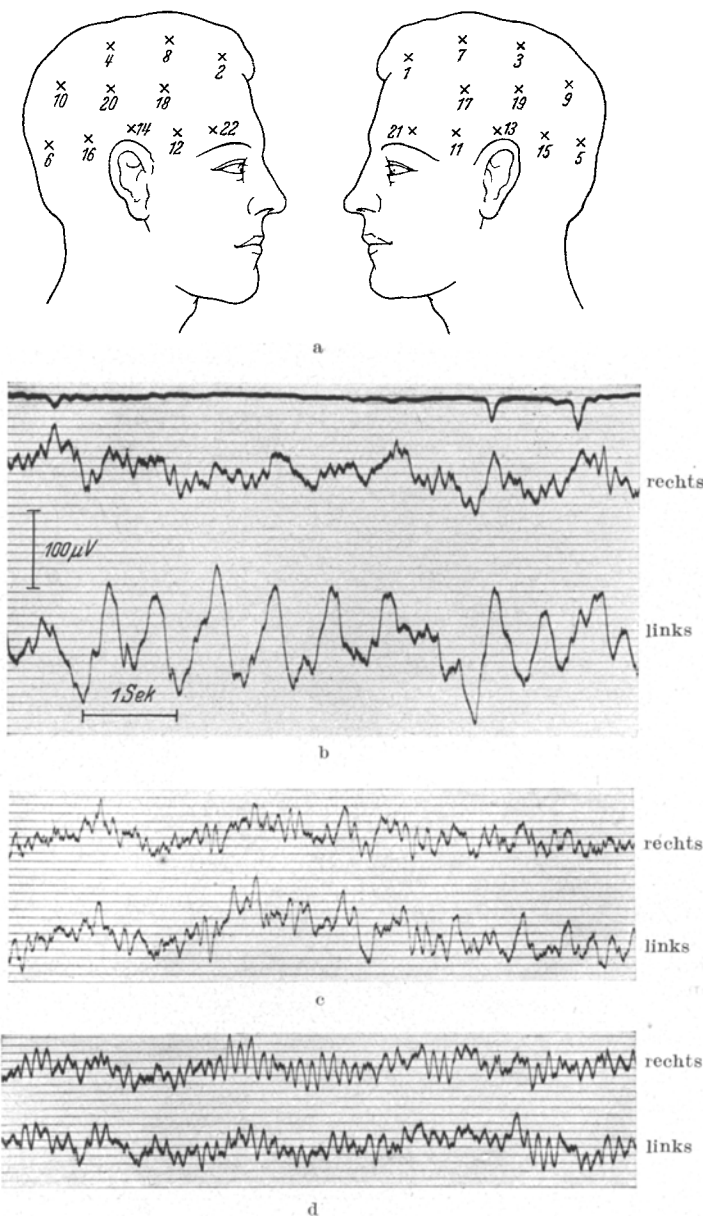


Abb. 1b—d. Fall Berl. mit links fronto-basalem Meningeom. a Schema der Ableitpunkte nach KORNMÜLLER. b Frontobasale Registrierung oberhalb der Orbitae (Punktpaar 21/22). Links Deltawellen mit steilem an- und absteigenden Schenkel; rechts Alphawellen und Deltawellen nur geringer Amplitude. Ganz oben pneumatische Registrierung der Lid- und Bulbusbewegungen. c Hochfrontale Ableitung von der Stirn-Haargrenze (Punktpaar 1/2). Beiderseits neben Alphawellen einzelne kleine 4-Hz-Deltawellen, besonders linksseitig am Ende der Kurve. d Parietale Registrierung (Punktpaar 19/20). Fast normale Aktion beiderseits. In c und d ist die Nulllinie nicht ganz ruhig (lange Zeitkonstante), s. auch Abb. 10.

Deltawellenherd bei einem Tumor des rechten Occipitallappens.

Dom. Neurologisch: Stauungspapille re. von 3, li. von 2 Dioptrien, homonyme Hemianopsie nach li., Abweichen des li. Armes nach außen beim Positionsversuch, geringes Überwiegen der Armeigenreflexe und des Patellarsehnenreflexes auf der li. Seite, Babinski li. +, Lagegefühl an der li. Hand und am li. Fuß gestört. Psychisch: Leicht benommen, zeitweilig deutlich schlafsüchtig.

EEG.: Deltawellenherd re. occipital (s. Abb. 3). Im Bereich der übrigen Konvexität verlangsamer Grundrhythmus von 8–9 Hz mit vereinzelt eingestreuten 4–5 Hz Schwankungen.

Operation: Sehr tief liegendes Gliom des re. Hinterhauptslappens, das bis in die Nähe des Seitenventrikels reicht.

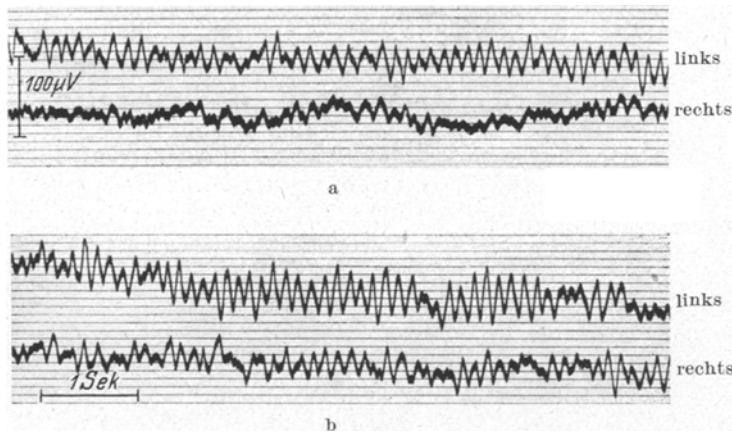


Abb. 2 a u. b. Fall Fi., Temporallappengliom rechts. a Deutliche Reduktion des Alpha-rhythmus rechts temporal; etwas schwankende Nulllinie. b Geringe Reduktion rechts temporo-occipital.

Die 3 beschriebenen Fälle repräsentieren Tumoren mit gut abgegrenzten Veränderungen des EEG. Analoge Befunde wurden bei 18 Fällen, also einem Viertel unserer Großhirntumoren, erhoben. In diese Reihe gehören hinein 8 fronto-basale Geschwülste, 3 tiefliegende Temporallappentumoren, 3 Neoplasmen des Hinterhauptlappens und schließlich 4 an anderer Stelle (3) bereits publizierte Geschwülste des Frontozentralgebietes mit relativ langdauernder Anfallsanamnese, nur sehr geringen Hirndrucksymptomen und einer aus aktivierten Alpha-Wellen, kleinen Deltawellen und einzelnen Krampfpotentialen zusammengesetzten Hirnaktion.

II. Fälle mit Störungen der Hirnaktion im Bereich der gesamten tumortragenden Hemisphäre; Lokaldiagnose nur teilweise möglich.

Rie. Neurologisch: Stauungspapille von 4–5 Dioptrien beiderseits, Visus stark herabgesetzt, homonyme Hemianopsie nach li., Abducenslähmung re., leichte Hypotonie aller Gliedmaßen, aber keine Paresen. Patellarsehnenreflex und Achillessehnenreflex li. ein wenig deutlicher. Babinski re. +, li. fraglich +.

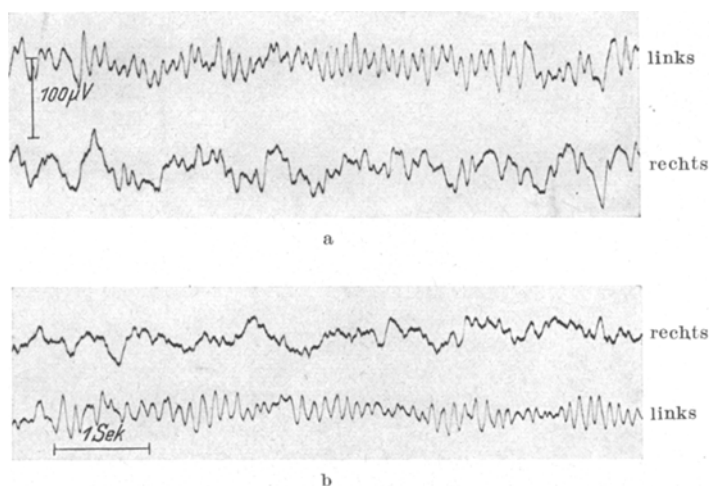


Abb. 3 a u. b. Fall Dom., Gliom des rechten Occipitallappens. a Rechts occipital Deltawellen von 2—4 Hz mit eingestreuten Alphawellen. Links occipital 10-Hz-Alpharhythmus mit vereinzelten kleinen (aus dem Grundrhythmus nicht herausragenden) 4—5-Hz-Deltawellen. b Ableitung von denselben Punkten nach Vertauschung der Verstärker. Patient ist inzwischen dem Einschlafen nahe. Deltawellen rechts occipital weniger von Alphawellen durchsetzt. Links occipital Verlangsamung des Alpharhythmus auf etwa 8=9 Hz.

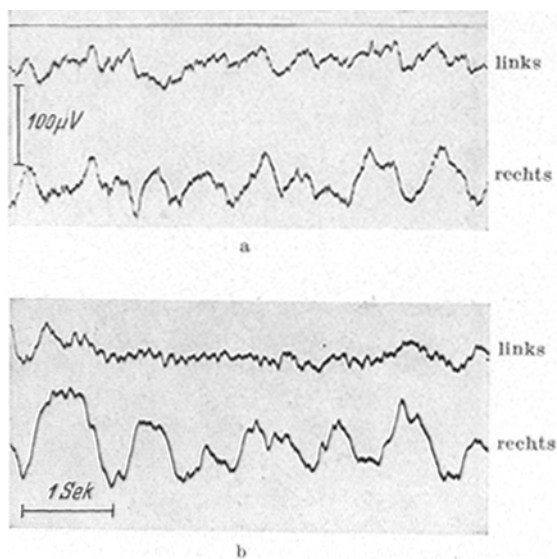


Abb. 4 a u. b. Fall Rie., Astrocytom rechts temporo-occipital. a Frontale Ableitung, Deltawellen mit überlagerten raschen Frequenzen vorwiegend rechts, in schwächerer Ausprägung aber auch links. b Deltawellen zwischen 1 und 3 Hz rechts temporo-occipital; kontralateral Alphawellen und geringer Einschlag von Deltawellen am Anfang und Ende des wiedergegebenen Kurvenausschnittes.

Beim Richtungsgehen konstantes Abweichen nach re. Psychisch: Deutlich verlangsamt, antriebsarm, schläft viel, zeitweilig desorientiert, Gedächtnis und Merkfähigkeit erheblich herabgesetzt.

EEG.: Über der gesamten re. Hemisphäre langsame Deltawellen, die re. temporo-occipital ihre größte Amplitude und langsamste Frequenz haben (siehe Abb. 4). Frontal sind kontinuierlich auch li. Deltawellen etwas geringerer Amplitude vorhanden. Über den hinteren Hirnabschnitten nur vorübergehend träge Schwankungen auf der Tumorgegenseite.

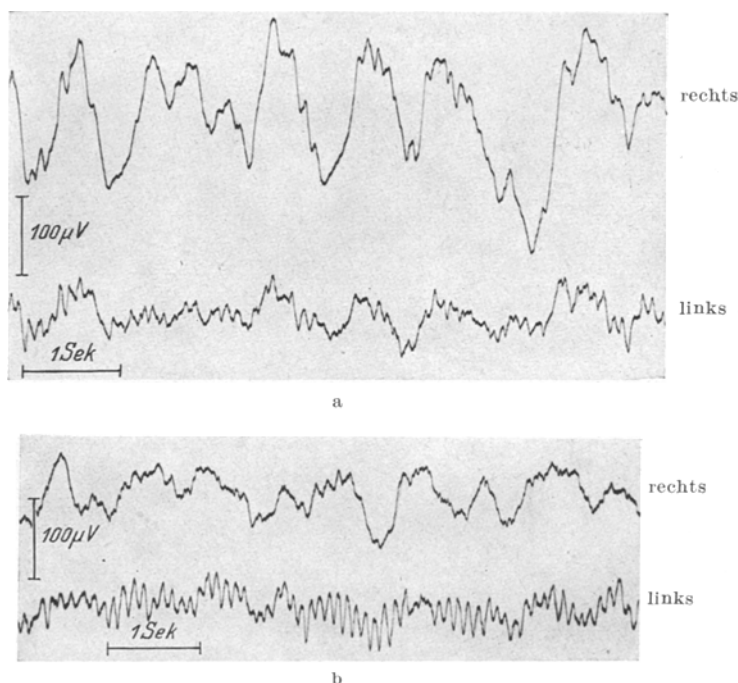


Abb. 5 a u. b. Fall Stö., Gliom des rechten Schläfenlappens. a Rechts parietal große langsame Deltawellen; links Alphawellen, zum Teil von Deltawellen geringer Amplitude getragen. b Rechts temporal Deltawellen, deren Amplitude wegen der kurzen Entfernung von der Ohrelektrode geringer ist als in der parietalen Ableitung.

Operation: Großer, gut abgegrenzter Tumor re. temporo-occipital, der bis zur Spitze des Schläfenhorns reicht und makroskopisch als Astrocytom imponiert.

Stö. Neurologisch: Beginnende Stauungspapille beiderseits, homonyme Hemianopsie nach li., zentrale VII Parese li., schlaffe Lähmung des li. Armes und Beines mit angedeutetem Reflexüberwiegen und fraglich positivem Babinski. Sensibilität intakt. Psychisch: Deutliche Euphorie, keine Krankheitseinsicht.

EEG.: Im Bereich der ganzen re. Schädelseite besteht die Hirnaktion aus langsamen Deltawellen, die über dem Stirnhirn etwas geringer ausgeprägt sind als über den hinteren Abschnitten der Hemisphäre. Ihre Amplitude ist aber occipital und temporal geringer als parietal (s. Abb. 5 a und b).

Operation: Diffus die Marksubstanz des re. Schläfenlappens durchsetzendes Gliom, das sich weit in die Tiefe und nach hinten bis in den Occipitallappen erstreckt.

Jac. Neurologisch: Stauungspapille beiderseits mit Blutungen li. stärker als re., geringe zentrale VII Parese re., Rigor im re. Arm, Absinken der re. Hand beim Positionsversuch; keine greifbaren Reflexdifferenzen, Babinski re. nicht eindeutig negativ, Schrieber-Bernhard re. angedeutet +. Psychisch: Infantil-albernes Gebahren, leicht benommen, zeitweilig sogar schlafsüchtig.

EEG.: Im Bereich der gesamten li. Hemisphäre Reduktion des Alpha-rhythmus (s. Abb. 6a und b).

Operation: Tief subcortical liegendes, bis in das Stammgangliengebiet hinein infiltrierend wachsendes Gliom des li. Schläfenlappens.

Deltawellen im Gebiet der gesamten tumortragenden Hemisphäre fanden sich bei der Mehrzahl der von uns untersuchten Fälle, so daß

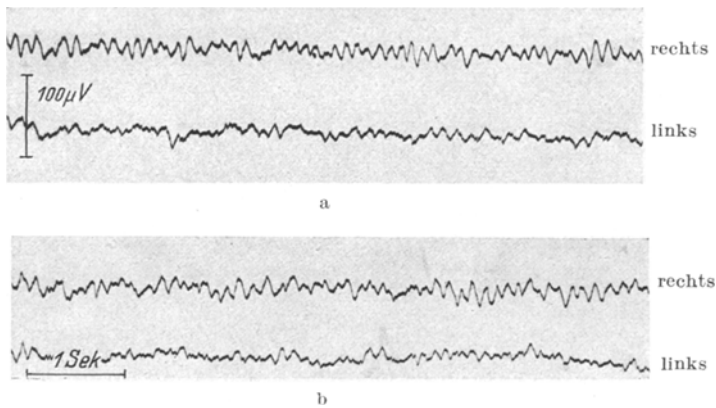


Abb. 6a u. b. Fall *Jac.*, Gliom des linken Schläfenlappens. Reduktion des Alpharhythmus im Bereich der gesamten linken Hemisphäre. Frontobasal und occipital das gleiche Bild wie auf den beiden wiedergegebenen Kurvenstücken, die vom Schläfenlappen (a) und Parietallappen (b) registriert worden sind.

etwa 41 Tumoren hier einzuordnen wären. Teils war die Verteilung der Deltawellen derart diffus, daß die Lage des Blastoms nicht genau angegeben werden konnte, die Ortsbestimmung war aber möglich, wenn die Deltawellen über dem Tumor von besonders langsamer Frequenz und auffallend großer Amplitude waren wie etwa bei dem beschriebenen Falle *Rie*. Über die Häufigkeit der richtig gestellten Lokaldiagnosen können wir vorerst keine näheren Angaben machen, da ein Teil dieser Patienten nicht so vollständig untersucht worden ist, wie wir es heute für notwendig erachten¹ (Einzelheiten werden im folgenden Abschnitt erörtert). — Der zuletzt beschriebene Fall *Jac.* steht in dieser Gruppe isoliert da; er zeigt, daß die Alphawellenreduktion nicht nur umschrieben über dem Tumorgebiet vorkommen kann, wie wir das bei 3 in die Gruppe I eingeordneten Fällen beobachteten, sondern sich unter Umständen auch einmal über eine

¹ Es fehlen insbesondere in vielen Fällen die bipolaren Ableitungen, auf die man nach unseren jetzigen Erfahrungen bei starker Ausprägung der Deltawellen nicht verzichten darf.

ganze Hirnhälfte erstreckt, so daß eine genaue Tumorlokalisation nicht möglich ist.

III. Deltawellen in ausgedehnten Abschnitten beider Hemisphären.

Ram. Neurologisch: Stauungspapille von 3—4 Dioptrien beiderseits, leichte zentrale VII Parese re., Babinski, Oppenheim und Gordon re. +. Psychisch: Oft ablehnend, reizbar, ordnet sich nicht ein, wirkt benommen.

EEG.: Deltawellen über beiden Hemisphären an sämtlichen Ableitpunkten, linksseitig aber in etwas stärkerer Ausprägung als re. Über dem hinteren Stirnhirn ist die Anzahl der Deltawellen am größten (s. Abb. 7a—c).

Autopsie: Gliom des li. Stirnhirns, das auf den li. Schläfenlappen übergegangen ist. Starke Hirnschwellung.

Hüb. Neurologisch: Stauungspapille von 1—2 Dioptrien beiderseits, leichte zentrale VII und XII Parese li. Im li. Arm leichter Rigor und Parese, aber keine Reflexsteigerung. Untere Extremitäten neurologisch o. B., Sensibilität intakt. Gang steif und unbeholfen. Liquor 12/3 Zellen, leichte Xanthochromie, Gesamteiweiß 5,0. Psychisch: Benommen, enorme psychomotorische Verlangsamung, völlig ohne Antrieb, wirkt zeitweilig fast kataton.

EEG.: Über beiden Hemisphären langsame Deltawellen von 2—4 Hz mit Amplituden von 100—150 μ V. Die Deltawellen sind meist seitengleich ausgeprägt (s. Abb. 8a), stellenweise aber li. langsamer, wie z. B. temporo-occipital (s. Abb. 8b), temporal dagegen re. stärker hervortretend.

Sektionsbefund: Inoperables Gliom im Bereich der 2. und 3. Frontalwindung re., das in den Temporallappen eingewachsen war und bis an das Stammganglien-gebiet heranreichte.

Unser Fall *Ram.* vertritt eine Gruppe von 4 Patienten, bei denen sich im EEG. beidseits Deltawellen fanden, die passager seitengleich erschienen, an einzelnen Ableitpunkten aber doch so eindeutig auf einer Seite überwogen, daß man mit einiger Wahrscheinlichkeit die befallene Hemisphäre angeben konnte, während die nähere Lokalisation unsicher bleiben mußte. Es gehören hierher: *Kru.* mit einem großen parasagittalen Meningeom der linken Hemisphäre (Stauungspapille von 4 Dioptrien beidseits, spastische Parese aller 4 Extremitäten rechts mehr als links, schwer soporös, zeitweilig bewußtlos), ferner Patient *Bea.* mit einem kleinapfelgroßen, rechts parietal in Nähe der Mantelkante gelegenen Glioblastom (schwerer Hirndruckzustand laut Operationsbericht), Patient *Har.* mit einem Gliom an der Basis des linken Schläfenlappens, welches in das Diencephalon eingewachsen war, sowie Patientin *Kei.*, bei der es sich um ein faustgroßes, absolut inoperables Glioblastoma multiforme der linken Hemisphäre handelte, das sich nach dem Arteriogramm von der Fissura Sylvii bis zur Mittellinie erstreckte.

Dem Fall *Hüb.* sind an die Seite zu stellen 2 weitere Tumoren mit symmetrischer Ausprägung der Deltawellen: Bei der Patientin *Bau.* ließ das Arteriogramm ein völlig inoperables Glioblastoma multiforme der linken Fissura Sylvii erkennen. (Klinische Daten: Links Stauungspapille von 3 Dioptrien, rechts geringe Prominenz, Abducensparese links, leichtes Schwanken beim Romberg, geringe Benommenheit, anfallsweise heftige Kopfschmerzen und Erbrechen, sowie höchst

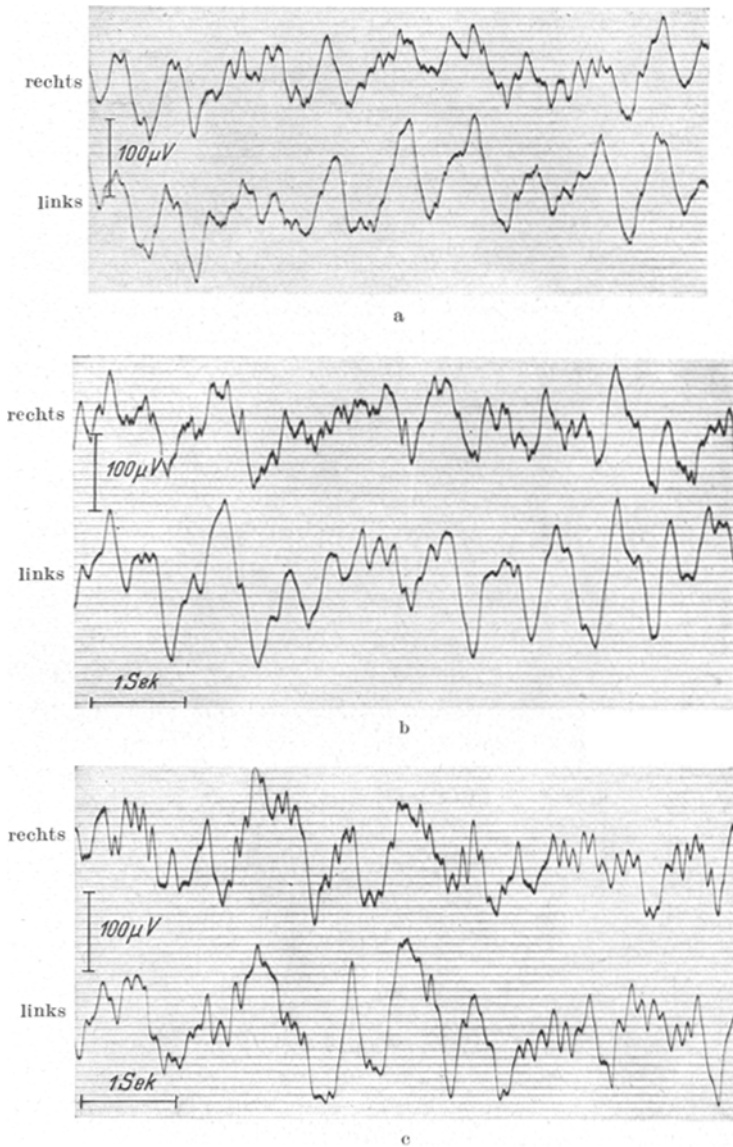


Abb. 7 a—c. Fall Ram., Gliom des linken Stirnhirns. a Frontobasal, b hochfrontal und c temporo-occipital. Deltawellen beiderseits, die aber durchweg links deutlicher ausgeprägt sind als rechts. Man beachte, daß in allen 3 Kurven die Zahl der Alphawellen infolge der geringeren Rindenschädigung rechtsseitig überwiegt.

bedrohliche Kollapszustände.) Bei der Patientin Piel. lag ein großes Occipitallappengliom vor, das laut Sektionsbefund Mittel- und Zwischenhirn stark deformiert hatte (Hemianopsie, Alexie, an den Extremitäten

normale neurologische Verhältnisse, Blutdruck auf 190/85 mm Hg erhöht).

Es sei schon an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß bei unseren Tumoren der Gruppe III die seitengleichen Deltawellen durch Affektion des Hirnstammes bedingt sein dürften und daß in diesen Fällen die

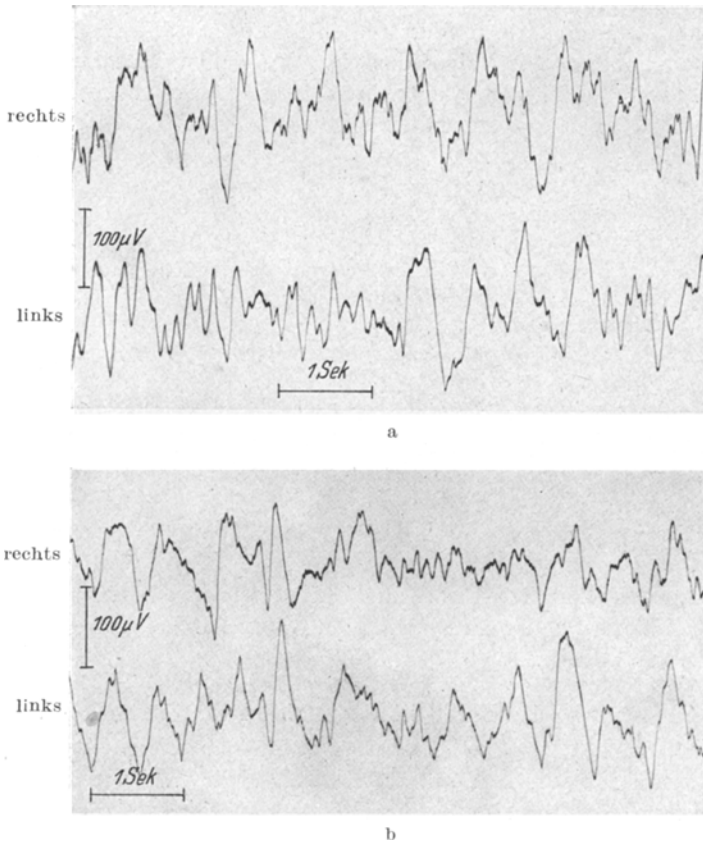


Abb. 8 a u. b. Fall Hüb., Gliom des hinteren Stirnhirns rechts. a Frontozentral beidseits Deltawellen im Wechsel mit Alpha- und Betawellen ohne greifbare Differenz. b Temporo-occipital, ebenfalls beidseits Deltawellen, die am Ende des abgebildeten Kurvenstückes links, also auf der Tumorgegenseite deutlicher ausgeprägt sind.

Hirndruckerscheinungen durchweg besonders schwer waren. Nur die zuletzt erwähnte Patientin Piel. fällt aus dem Rahmen insofern heraus, als die Papillen scharf begrenzt waren und zur Zeit der hirnelektrischen Untersuchung das Bewußtsein nicht getrübt zu sein schien. Es ist möglich, daß hier die Hypertonie zur Entstehung der seitengleichen Deltawellen beigetragen hatte.

IV. Tumoren ohne verwertbare Störungen im EEG.

Hier sind zu nennen 3 parasagittale Meningeome [Ot. (s. Abb. 9), Gör., Ap.] mit dem bekannten klinischen Bild¹, ein in Nähe der Mantelkante gelegenes Gliom (Fall Ei.), ein infiltrierend wachsendes inoperables Markgliom (Schee.) und schließlich ein multiformes Glioblastom des Stirnhirns, dessen EEG. durch ein Fehlen des Alpharhythmus ausgezeichnet war, ohne daß eine Entscheidung darüber hätte gefällt werden können, ob es sich hier um einen konstitutionellen Alpha-wellenmangel oder um Folge der intrakraniellen Raumbegnung handelte. Wir gehen weiter unten auf diese negativen Fälle noch einmal näher ein. Abb. 9 zeigt die kaum veränderte Aktion über einem parasagittalen Meningeom.

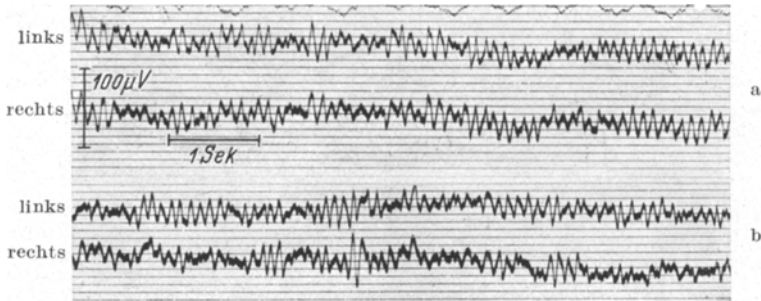


Abb. 9 a u. b. Fall Ot., parasagittales Meningeom links. a und b Ableitung vom Beinzentrum beiderseits. a Normaler Alpharhythmus von 9,5 Hz, keine Seitendifferenz. b An mehreren Stellen geringe Reduktion rechts.

Im folgenden Abschnitt soll zunächst der Versuch einer pathogenetischen Deutung der Veränderungen des EEG. bei Hirntumoren unternommen werden.

II. Pathogenese der EEG.-Störungen bei Hirngeschwülsten.

Änderungen der Hirnaktion auf Grund einer intrakraniellen Neubildung können theoretisch auf folgende Art und Weise entstehen:

1. Es wäre denkbar, daß vom Tumor Spannungsschwankungen stärkerer Intensität oder anderer Form ausgehen als von der umgebenden Rinde. Da neuerdings KORNMÜLLER (4) mit der Möglichkeit rechnet, daß nicht nur, wie man bisher allgemein angenommen hatte, die Ganglienzellen der Rinde, sondern möglicherweise auch die Gliazellen ableitbare Potentiale produzieren, ist die Frage durchaus berechtigt, ob etwa die Zellen der Gliome — die ja leider das Hauptkontingent der Hirngeschwülste darstellen — abnorme Spannungsschwankungen erzeugen. Die von ALTENBURGER bei Hirnoperationen FOERSTERS vorgenommenen Registrierungen haben jedoch gezeigt, daß der Tumor

¹ Hinsichtlich der Symptomatologie der klinisch wichtigsten Tumoren sei auf das Buch von BAILY und die klare, gedrängte Übersicht von EWALD verwiesen.

selbst elektrisch inaktiv ist; ein Produkt der Tumorzellen können demnach die in den meisten Fällen gefundenen Deltawellen nicht sein.

2. Man sollte erwarten, daß Geschwülste, welche der Dura unmittelbar anliegen und in einem bestimmten Areal die Rinde beiseite gedrängt oder zerstört haben, durch ein Fehlen oder eine Abschwächung der physiologischen Hirnpotentiale an dieser Stelle nachweisbar sein müßten. Wir haben aber nur bei 4 Fällen eine Reduktion, also eine Abschwächung des Alpharhythmus angetroffen, und zwar bei Tumoren, welche die Hirnoberfläche *nicht* erreichten: Es handelte sich um 3 tief subcortical gelegene Schläfenlappengliome [Fi. (Abb. 2), Gu. und Jac. (Abb. 6)] und um ein Gliom der Frontoparietalregion (Ro.). Andererseits war bei mehreren der Dura anhaftenden Geschwülsten keine Verminderung der Hirnpotentiale festzustellen (Einzelheiten s. S. 75—77). Es hängt dies offenbar damit zusammen, daß infolge Streuung der Hirnaktionsströme in seitlicher Richtung Rindendefekte nicht sehr großer Ausdehnung kein umschriebenes Fehlen der Spannungsproduktion zur Folge haben. Die Alphawellen der umgebenden Rinde, die ja nicht einfach senkrecht zur Kopfhaut sondern nach allen Seiten hin ausstrahlen, decken einen derartigen Defekt im Spannungsfeld gleichsam zu. Die bei den erwähnten Tumoren nachgewiesene Reduktion ist also nicht Symptom eines umschriebenen Ausfalles der Rinde, sondern Zeichen gestörter Funktion.

3. Die bei den meisten Tumoren abgeleiteten abnormen Schwankungen (Deltawellen) müssen natürlich ebenfalls auf die Abwandlung bestimmter, noch nicht näher bekannter Funktionen der Rindenzellen bezogen werden. In einer Arbeit über das Elektrencephalogramm bei Hirnverletzungen (2) hatten wir die Pathogenese der Deltawellen bereits kurz erörtert und die Auffassung vertreten, daß *Änderungen im Gewebstoffwechsel* diesen pathologischen langsamen Schwankungen zugrunde liegen dürften. Es wurde vermutet, daß die mangelhafte Durchblutung des Gewebes, die mit dem O₂-Entzug im Zusammenhang stehende Störung der Oxydationsvorgänge der adäquate Reiz zur Auslösung der trägen Schwankungen sei. Für die Hirngeschwülste ist diese pathogenetische Erklärung besonders naheliegend. Ist doch hinreichend bekannt, daß der Tumor nicht ein rein lokales Geschehen darstellt, sondern zumindest die angrenzenden Teile des Marks und die ihn deckende Rinde in Mitleidenschaft zieht, häufiger sogar zu einer ausgedehnten *Hirnschwellung*¹ Anlaß gibt, die sich oft über die gesamte

¹ Zwischen Hirnschwellung und -ödem haben wir in unserer Arbeit nicht unterschieden, da die Genese der Hirnvolumenvermehrung bei den intrakraniellen Neubildungen noch Gegenstand der Diskussion ist (s. Referate von HÄUSLER und JÖRNS). Am einleuchtendsten erscheint uns die von TÖNNIS aufgestellte Hypothese, der die Hirnschwellung beim Tumor auf die Behinderung des venösen Abflusses zurückführt. Folge der Zirkulationsstörung sei eine Ansammlung saurer

tumortragende Hemisphäre ausbreitet und auch die Gegenseite betreffen kann. Die *Deltawellen über einem Tumor* könnten demnach allein dadurch entstehen, daß dieser Rindenbezirk entweder durch das Blastom unmittelbar oder durch das *örtliche Hirnödem* komprimiert wird. Folgen dieser Kompression — die ja meist schon mit dem bloßen Auge bioptisch an einer Verbreiterung und Abflachung der Windungen und dem Verstrichensein der Furchen erkennbar ist — dürften mangelhafte Durchblutung, unzureichende Oxydation und wohl auch Ansammlung von abnormen Stoffwechselprodukten sein. Durch diese Störungen im Gewebsstoffwechsel, die natürlich auch durch primäre Durchblutungsminde- rung in der Rinde ohne Schwellung des Marks hervorgerufen werden können, entstehen unseres Erachtens die Deltawellen in ganz analoger Weise wie experimentell im Sauerstoffmangel.

Die *Genese der tumorfernen trägen Schwankungen* muß eingehender diskutiert werden, da 4 verschiedene Entstehungsmöglichkeiten in Betracht kommen: 1. Es ist zu fragen, ob Deltawellen rein physikalisch vom Tumorgebiet her in weite Abschnitte des Hirns ausstrahlen können, 2. ist mit einer physiologischen Ausbreitung der im Geschwulstgebiet produzierten abnormen Schwankungen via Assoziationsfasern über die Tumorumhemisphäre sowie mittels Commissurenbahnen zur Gegenseite zu rechnen, 3. wäre zu erwägen, ob Deltawellen etwa fernab vom Tumor entstehen und 4. besteht die Möglichkeit, daß träge Schwankungen vom geschädigten Diencephalon her der Rinde aufgezwungen werden.

ad 1. Hinsichtlich der Frage, wie weit die in einem bestimmten Rindenbezirk erzeugten Potentialschwankungen sich physikalisch in die Umgebung ausbreiten, herrscht noch keine Übereinstimmung. ADRIAN hat bekanntlich auf Grund von Experimenten an der Leiche die Theorie aufgestellt, daß unter normalen Verhältnissen die im Occipitallappen produzierten Alphawellen physikalisch bis zum Frontalhirn hin sich ausbreiten. Dieser Anschauung ist KORNMÜLLER (2) mit Befunden entgegengetreten, die auf eine sehr geringe physikalische Streuung der Hirnpotentiale von etwa 3 cm schließen lassen. JUNG (1) stellte durch Ausmessung lokalisierter Krampfpotentiale eine etwas stärkere physikalische Streuung von 6—7 cm fest¹. Er hat aber

Stoffwechselprodukte, Gewebsödem und damit eine Quellung insbesondere der sphingomyelinhaltigen Markscheiden. Interessant ist für unsere Fragestellungen die von PERRET und SELBACH festgestellte Tatsache, daß bei experimentellen Hirnschwellungszuständen auch die *chemische Zusammensetzung der Rinde Veränderungen erfährt*.

¹ Die Differenz zwischen den Befunden von KORNMÜLLER und JUNG erklärt sich wohl damit, daß KORNMÜLLER die Streuung der Alphawellen einer intakten Hemisphäre zur benachbarten, keine Alphawellen produzierenden Hemisphäre hin, JUNG dagegen Krampfpotentiale, die ja eine wesentlich größere Amplitude haben, gemessen hat. Bei gleicher Registrierempfindlichkeit sind Spannungsschwankungen größerer Amplitude natürlich in weiterem Umkreis nachweisbar.

vorsichtig darauf hingewiesen, daß das von ihm angegebene Schema keine absolute Gültigkeit habe, sondern auf einigen Messungen basiere. Es dürften deshalb jene Werte interessieren, die wir bei 3 fronto-basalen Tumoren mit relativ gut abgegrenztem Deltawellenfokus ermittelt haben. In diesen Fällen wurde 3fach unipolar vom basalen Stirnhirn sowie 4 und 8 cm dahinter registriert. Abb. 10 zeigt einen auf diese Weise gewonnenen Kurvenausschnitt. In der fronto-basalen Ableitung sieht man hohe steile Deltawellen, Schwankungen gleicher Gestalt sind 4 cm ohrwärts wesentlich kleiner und weitere 4 cm zurück entspricht

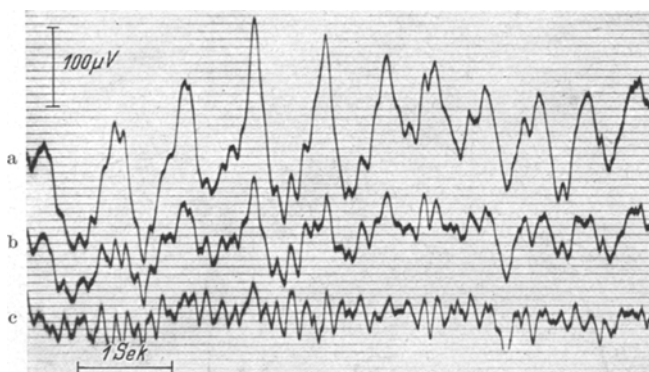


Abb. 10 a—c. Fall Berl. mit links frontobasal gelegenen Meningeom. Dreifach unipolare Ableitung von den vorderen Abschnitten der linken Schädelseite. a Frontobasal hohe, steile Deltawellen von Krampfpotentialcharakter. b 4 cm weiter rückwärts Deltawellen von nur geringer Amplitude. c Weitere 4 cm ohrwärts fast normale, aus etwas verlangsamten Alphawellen zusammengesetzte Hirnaktion. Beispiel eines steilen Potentialabfalles im Bereich der Schädelkonvexität. (Abb. 1 stammt von demselben Patienten.)

der Rhythmus fast der Norm. Wir haben die Amplitude von einer Reihe derartiger Deltawellen gemessen und dabei Werte gewonnen, die durchaus innerhalb der von JUNG angegebenen Streubreite lagen. An Stellen mit besonders steilem Potentialabfall betrug die Amplitude 4 cm hinter dem fronto-basalen Ableitpunkt durchschnittlich noch etwa 50%¹.

Nicht nur nach dem von KORNMÜLLER angegebenen sehr kleinen Wert für die physikalische Streubreite der Hirnpotentiale (der wahrscheinlich für Schwankungen geringer Amplitude gilt), sondern auch nach dem Schema der Potentialverteilung von JUNG, das durch die eigenen Messungen demnach bestätigt werden kann, ist es in hohem Maße unwahrscheinlich, daß beispielsweise Deltawellen, die man etwa bei einem Frontalhirntumor parietal und occipital ableitet, physikalisch dorthin gelangt sind. Die in vielen Fällen fernab vom Tumor

¹ Anmerkung bei der Korrektur: Nach unseren heutigen Vorstellungen sind die steilen Deltawellen dieses Falles vom Corpus striatum her der Rinde des Frontalhirns zugeleitet worden; doch werden obige Feststellungen dadurch nicht berührt.

registrierbaren trägen Schwankungen müssen deshalb entweder von anderen Hirngebieten her übertragen oder aber lokal entstanden sein.

ad 2. Wieweit Deltawellen des Tumorgebietes auf dem Wege über Assoziationsfasern homolateral weitergeleitet werden können, ist schwer zu entscheiden; eine genaue Beachtung der Frequenz und der Phasenbeziehungen könnte hier vielleicht weiterführen. Eine lokale Entstehung ist anzunehmen, wenn die Frequenz mit der des Tumorgebiets nicht übereinstimmt. — Eine Übertragung von Deltawellen zur Gegenseite mittels der Balkenfaserung kommt sicher vor, und zwar besonders häufig im Stirnhirnbereich.

ad 3. Findet man einseitige EEG.-Störungen, so ist unseres Erachtens die zwangloseste Annahme die, daß in diesen Fällen infolge einer diffusen Rindenschädigung Deltawellen im Bereich der ganzen Tumorhemisphäre entstehen. Diese Erklärung drängt sich geradezu auf, wenn man berücksichtigt, daß die Hirnschwellung sich nach Ausdehnung und Intensität prinzipiell ganz ähnlich verhält wie das EEG.: Sie beschränkt sich bisweilen auf die nähere Umgebung des Neoplasmas, betrifft häufiger aber die gesamte tumortragende Hemisphäre und ist nicht selten in geringerer Ausprägung auch auf der Gegenseite festzustellen. Bei den Glioblastomen des Frontallhirns beispielsweise ist die Volumenzunahme der befallenen Hemisphäre vielfach bis zum Occipitalpol hin nachweisbar, wie sich besonders eindrucksvoll bei der Zerlegung des Gehirns in Frontalschnitte zeigt. Nicht selten kann der Neurochirurg auch bei Tumoren der vorderen Hirnabschnitte schon nach dem Anlegen der Bohrlöcher parieto-occipital an der einseitig ausgeprägten Hirnschwellung die Geschwulst lateralisieren; analog haben wir bei mehreren Stirnhirngeschwülsten in der parietalen und occipitalen Ableitung die Seitendiagnose stellen können. Nun hängt die Stärke der EEG.-Veränderungen zwar nicht gradlinig von der Hirnschwellung ab, die ja vornehmlich das *Marklager* betrifft, während die Hirnaktion mit vegetativen *Rindenvorgängen* im Zusammenhang steht. Es ist aber anzunehmen, daß über einer geschwollenen Hemisphäre in der Regel die Rindendurchblutung gedrosselt wird und dadurch abnorme Schwankungen aufkommen. In der Tat scheint statistisch nach den uns bisher vorliegenden Erfahrungen eine positive Korrelation zwischen Hirnschwellung und EEG. vorhanden zu sein, insofern als bei Tumoren ohne Hirndrucksymptome EEG.-Störungen im Durchschnitt schwächer ausgeprägt sind als bei starker Erhöhung des intrakraniellen Drucks. Abweichungen von dieser Regel kommen vor (s. Abschnitt IV), aber die positive Korrelation ist doch so weitgehend, daß die Annahme einer lokalen Entstehung der Deltawellen im Zusammenhang mit dem Hirn-ödem durchaus berechtigt erscheint.

ad 4. Die Verhältnisse werden dadurch noch komplizierter, daß sich der oben angegebene 4. Pathomechanismus hinzugesellen kann. Es ist bekannt, daß Hemisphärentumoren beliebigen Sitzes sehr häufig den Hirnstamm bis zur Medulla oblongata hinunter in Mitleidenschaft ziehen. Da nun vom Hypothalamus her der Rinde Deltawellen aufgezwungen werden können — wie z. B. im Schlaf — ist es nicht nur möglich, sondern sogar wahrscheinlich, daß *seitengleiche, synchrone träge Schwankungen Folge einer Schädigung der diencephalen Schaltstellen für die Wach-Schlafregulierung sind*. Die klinischen Daten jener Patienten, bei denen sich seitengleiche Deltawellen gefunden hatten (s. S. 59 bis 61), sprechen durchaus für diese Annahme.

Überblicken wir die hier diskutierten 4 Entstehungswege, die sich natürlich miteinander kombinieren können, so wird deutlich, daß das EEG. beim Hirntumor vielfach auf recht komplexen Vorgängen basiert. Aber die Mannigfaltigkeit der EEG.-Befunde ist doch verständlich geworden: Bei einer kleinen Gruppe von Tumoren entspricht das hirnelektrische Bild der Norm; es ist anzunehmen, daß sich in diesen Fällen der Gewebstoffwechsel der Rinde bis zum Zeitpunkt der Ableitung noch in normalen Bahnen bewegte; allerdings sind für das Negativbleiben des EEG. auch noch andere Faktoren von Bedeutung (s. Abschnitt V). Für jene Geschwülste, bei denen die EEG.-Veränderungen auf das den Tumor deckende Rindengebiet beschränkt sind (*I*), nehmen wir ursächlich in erster Linie eine Gewebstoffwechselstörung in diesem Areal infolge mangelhafter Rindendurchblutung an. Deltawellen über der gesamten Tumorehemisphäre (*II*) scheinen Symptom einer ausgebreiteten funktionalen Schädigung der Rinde dieser Hirnhälfte zu sein, doch ist auch an eine *physiologische* Ausbreitung der Deltawellen des Tumorgebietes zu denken¹. In der Gruppe mit Deltawellen im Bereich beider Hemisphären (*III*) dürften sich verschiedene Vorgänge überlagern. Eine Alteration des Diencephalons ist hierbei wahrscheinlich entscheidend.

Wir übersehen keineswegs, daß diese Schlußfolgerungen mit den Vorstellungen jener Autoren, welche mit einer starken physikalischen Streuung der Deltawellen

¹ Wir vermuten heute, daß einseitige synchrone Deltawellen insbesondere bei Temporallappengeschwülsten auch durch Schädigung des Stammgangliengebietes der Tumorseite entstehen können.

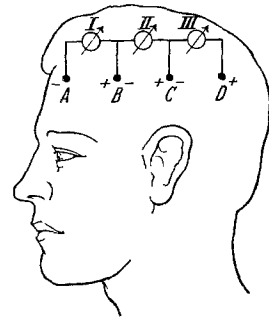


Abb. 11. Schema einer bipolaren Reihenableitung. *A*, *B*, *C* und *D* Ableitelektroden, *I*, *II* und *III* Verstärker. Elektrode *A* ist verbunden mit dem negativen Pol des Verstärkers *I*, *B* mit positivem Pol des Verstärkers *I* und negativem Pol des Verstärkers *II*, *C* mit *II* + und *III* — und *D* mit *III* +. Ein Tumor unter Elektrode *B* sollte bewirken, daß die Deltawellen in den Ableitungen *I* und *II* mit entgegengesetzter Phase schwingen.

rechnen und deshalb die Methode der *bipolaren Reihenableitung* in sagittaler Richtung zur Tumoralokalisation anwenden, im Widerspruch stehen (Schaltschema s. Abb. 11). Wir haben nach dem Vorschlag von KORNMÜLLER (2) lange Zeit nur unipolare Ableitungen benutzt; die Zahl der Tumoren, bei denen auch die Reihenableitung vorgenommen wurde, ist noch nicht groß genug, als daß wir ein Urteil über den Wert dieser Methode fällen könnten. Es sei nur soviel erwähnt, daß wir bei mehreren Tumoren mit Deltawellen über der ganzen tumortragenden Hemisphäre bei der 3fach bipolaren Reihenableitung *keine Phasenumkehr* beobachten konnten, wie sie nach der Lage des Neoplasmas hätte erwartet werden müssen, was gegen eine weit ausgreifende physikalische Ausbreitung der Deltawellen des Tumorgebiets bzw. für eine Entstehung der Deltawellen fernab vom Tumor sprechen würde.

Bipolare Reihenableitungen scheinen trotzdem in manchen Fällen lokalisationistisch bessere Resultate zu zeitigen. So war bei 2 Frontalhirntumoren bei 3fach *bipolarer* Ableitung von der Tumورهemisphäre die dritte, parieto-occipitale Registrierung weniger stark durch Deltawellen verändert als in der 3fach unipolaren Anordnung. Es lag dies vermutlich daran, daß bei der letztgenannten Ableitung Deltawellen aus der Umgebung des Ohres in den negativen Anschluß aller 3 Verstärker hineinstreuten, ein Nachteil, der bei der sagittalen Reihenableitung fortfällt¹.

III. EEG.-Veränderungen auf der Tumorgegenseite.

Nach unseren Darlegungen über die Pathogenese der Deltawellen und der α -Reduktion wird die Tatsache, daß in Ausnahmefällen die Veränderungen des EEG. auf der Tumorgegenseite deutlicher hervortreten können als homolateral, durchaus begreiflich sein. So war bei einem Gliom des rechten Frontalhirns (Kess.) links parietal eine Reduktion des Alpharhythmus nachzuweisen und bei einem rechts frontal in Nähe der Mantelkante gelegenen Tumor erschien links temporal bei 2 Ableitungen der Alpharhythmus deutlich reduziert. Das erwähnte EEG. der Patientin Hüb. mit einem Gliom im Bereich der 2. und 3. Frontalwindung rechts, das in den Temporallappen eingewachsen war und sich sogar bis an die Endhirnganglien erstreckte, zeigte zwar rechts temporal etwas größere Deltawellen als links, doch waren auf einer temporo-occipitalen Ableitung die trägen Schwankungen links häufiger und größer (s. Abb. 8)². Und schließlich sei erwähnt, daß bei einem infiltrierend wachsenden Gliom des linken Parietallappens (Bach.) sich rechts temporo-occipital eine Reduktion der Alphawellen fand, während an den übrigen Punkten Deltawellen bald rechts, bald links aber ohne konstante Seitendifferenz auftraten. Derartige EEG.-Störungen auf der Gegenseite kommen unseres Erachtens dadurch zustande, daß durch den Druck der Geschwulst die Rinde kontralateral oder diagonal komprimiert und im Gewebstoffwechsel geschädigt wird. Es ist dies durchaus möglich, da bekannt-

¹ Eine kritische Besprechung der Reihenableitung findet man bei JUNG (1).

² *Anmerkung bei der Korrektur:* Wir beobachteten kürzlich auch einen Stirnhirntumor, bei dem die Deltawellen auf der Gegenseite wesentlich stärker ausgeprägt waren als homolateral, und zwar bei mehreren, an verschiedenen Tagen vorgenommenen Kontrollen des EEG.

lich Teile der tumortragenden Hemisphäre (Gyrus cinguli) unter der Falx hindurch in die gegenüberliegende Schädelhöhle verlagert werden können (TÖNNIS, RIESSNER und ZÜLCH). Auch die Erweiterung des kontralateralen Seitenventrikels infolge Verlegung des Foramen Monroi dürfte entsprechende corticale Funktionsstörungen im Gefolge haben. In der Tat sind neurologische Symptome von seiten der anderen Hemisphäre gut bekannt und es läßt sich bei einigen unserer Patienten wahrscheinlich machen, daß die Störungen der Hirnaktion auf der Gegenseite nicht etwa über den Balken geleitet, sondern lokal entstanden sein müssen. Bei Kess. mit dem Tumor des rechten Stirnhirns und der Reduktion links parietal war klinisch fälschlicherweise auf Grund einer rechtsseitigen Parese eine linksseitige Geschwulst vermutet worden und bei Fall Bach. mit dem Gliom links parietal und einer Reduktion rechts temporo-occipital kann eine rechtsseitige Oculomotoriusparese als Zeichen der „Gegendruckwirkung“ gelten.

Es ist natürlich zu überlegen, auf welche Weise man Fehldiagnosen durch kontralaterale EEG.-Veränderungen vermeiden könnte. Auf Grund der bisher vorliegenden Beobachtungen läßt sich hier folgender Hinweis geben: Ist bei einer Alphawellenreduktion die Hirnaktion im übrigen nicht wesentlich verändert, so kann die örtliche Verminderung der Potentiale auf den Tumor selbst bezogen werden; findet man neben einer lokalen Reduktion aber generelle Deltawellen oder auch Deltawellen auf der Gegenseite, so ist größte Zurückhaltung in der Auswertung des Befundes am Platze; es liegt dann möglicherweise eine „Gegendruckreduktion“ vor.

IV. EEG. und Papillenbefund.

Im Hinblick auf die oben entwickelte Theorie von der Pathogenese der Deltawellen beim Hirntumor müßten in erster Linie die Beziehungen zwischen Hirnschwellung und EEG. interessieren. Da aber der Chirurg meist nur einen relativ eng begrenzten Ausschnitt der Hirnoberfläche bei der Operation zu Gesicht bekommt und uns nur von wenigen Fällen für diese Fragestellung verwertbare Sektionsbefunde vorliegen, sind die Beziehungen zwischen Hirnschwellung und EEG. noch nicht auf genügend breiter Basis zu untersuchen. Wir müssen uns daher vorerst damit begnügen, den Befund an der Papilla nervi optici gleichsam als Indicator für die Intensität der Hirnschwellung einzusetzen. Es ist dies insofern zulässig, als im allgemeinen die intrakranielle Druckerhöhung mit Stauungserscheinungen am Augenhintergrund einhergeht, doch wäre zu beachten, daß bei einem geringen Prozentsatz von Hirntumoren die Stauungspapille fehlt, obgleich eine Hirnschwellung vorhanden ist.

Auf welchem Wege die intrakranielle Drucksteigerung zur Schwellung des Papillenkopfes führt, ist für unsere Fragestellung nicht von ausschlaggebender

Bedeutung; es seien aber doch 3 wichtige Theorien kurz referiert. Nach der Annahme von SCHIECK wird bei intrakranieller Drucksteigerung Liquor in die Scheide des Opticus, die bekanntlich dem Subarachnoidealraum entspricht, hineingepreßt, der Abstrom der Lymphe längs der Zentralgefäße behindert und eine Stauung in den perivaskulären Lymphräumen hervorgerufen. Diese Theorie stützt sich auf die Tatsache, daß in den Anfangsstadien der Stauungspapille das interstitielle Ödem nur zwischen Papille und dem Eintritt der Zentralgefäße in den Sehnerven anatomisch nachweisbar ist. — BEHR nimmt dagegen an, daß durch Kompression des Sehnerven im Canalis opticus ein physiologischer, innerhalb der einzelnen Faserbündel hirnwärts fließender Saftstrom unterbrochen werde. Mit dieser Theorie ist aber das Ausbleiben der Stauungspapille gerade bei manchen basalen Stirnhirntumoren kaum vereinbar. Etwas Bestechendes hat die Theorie von MARCHESANI und SPATZ, welche in der Stauungspapille eine lokalisierte Hirnschwellung sehen.

Bezüglich der Beziehungen zwischen Fundus und EEG., die uns hier also beschäftigen sollen, sind theoretisch folgende Konstellationen denkbar:

1. Deltawellen im EEG. und Stauungspapille.
2. Keine langsamen Deltawellen, Fundus o. B.
3. Keine Deltawellen, Stauungspapille.
4. Deltawellen, keine Stauungspapille.

1. + 2. = Konkordanz, 3. + 4. = Diskordanz zwischen EEG. und Fundus.

Wir haben für diese Untersuchung die normalen und nur leicht veränderten EEG.s (zu den Störungen geringer Intensität rechnen wir Reduktion, Alphaaktivierung, kleine Deltawellen und kleine biphasische Krampfpotentiale) den hirnelektrischen Befunden mit langsamen Deltawellen, die wir als Zeichen einer erheblichen Rindenschädigung werten, gegenübergestellt. Die Aufteilung unseres Materials in die gekennzeichneten 4 Gruppen ergab nun folgendes:

In Gruppe 1 (langsame Deltawellen im EEG. und Stauungspapille) waren von unseren 72 supratentoriellen Tumoren 54 Fälle einzuordnen.

Gruppe 2 (keine langsamen Deltawellen, Fundus o. B.) setzt sich aus 8 Fällen zusammen, die in Tabelle 1 zusammengestellt sind.

Tabelle 1.

Name	EEG.	Diagnose
Schee.	o. B.	Gliom re. fronto-parietal
Ap.	o. B.	parasagittales Meningeom
Ei.	o. B.	parasagittales Gliom re. zentral
Dei.	Alphaaktivierung	Astrocytom re. parietal
Ro.	inkonstante Reduktion	Gliom li. parietal
Gu.	„ „	basales Schläfenlappengliom
Schä.	Alphaaktivierung und Krampfpotentiale	Oligodendrogliom re. parietal
Grut.	Alphaaktivierung und kleine Deltawellen	Tumor des Balkens

Von den 8 Tumoren dieser Gruppe wurde also bei 5 eine von jenen Abwandlungen der Hirnaktion festgestellt, die unseres Erachtens durch leichte Hirnrindenschädigungen hervorgerufen werden, bei den restlichen 3 Fällen war das EEG. nicht verwertbar pathologisch. Leider sind wir nur bei Dei. und Schee. über den Zustand der Hirnoberfläche, wie er bei der Operation angetroffen wurde, unterrichtet. Bei diesen beiden Patienten war die Hirnschwellung unbedeutend. Bei den übrigen Fällen liegt zwischen dem Tag der Ableitung und der Biopsie oder Autopsie ein zu langes Intervall, als daß Aussagen über den Zustand des Gehirns bei der Gewinnung des EEG. zulässig wären.

Betrachten wir Gruppe 1 und 2 zusammen, so ergibt sich, daß von 72 Tumoren des Großhirns bei $54 + 8 = 62$ Fällen eine positive Korrelation zwischen Fundus und Ausprägung der Deltawellen bestand. — Wir wenden uns nun den Gruppen 3 und 4 und damit jenen Fällen zu, bei denen EEG. und Fundus sich nicht gleichläufig verhielten. Die hierher gehörenden Beobachtungen scheinen uns so wesentlich zu sein, daß auf Einzelheiten eingegangen werden muß.

Stauungspapille aber keine Deltawellen im EEG.

Ot., geboren 1905. Tag der Aufnahme in die Klinik 13. 10. 44. Im Jahre 1938 fiel ihr ein schweres Stück Holz auf den Kopf, anschließend zuckte der re. Fuß, dann verlor sie für $\frac{1}{4}$ Stunde das Bewußtsein, Keine sonstigen cerebralen Erscheinungen. Nach 10tägiger Bettruhe wieder gesund. Seit 1942 Krampfstörungen im re. Bein (Beugung im Knie und in der Hüfte, Supinationsstellung des Fußes, manchmal auch unwillkürliche Bewegungen) von 2—15 Min. Dauer, in Intervallen von 8 Tagen bis 6 Wochen auftretend. Befund: Beiderseits Stauungspapille von 2—3 Dioptrien Prominenz. Venen gestaut, Gefäßtrichter noch angedeutet, Blutungen nicht nachweisbar. Schleistung re. wie li. 5/5. Hirnnerven im übrigen o. B. An den oberen Extremitäten keine Besonderheiten. Der re. Fuß steht in Spitzfußstellung; Fuß- und Zehenbewegungen stark eingeschränkt, Motilität im übrigen frei bei etwas herabgesetzter grober Kraft. Patellarsehnenreflex und Achillessehnenreflex re. lebhafter. Babinski re. +. Leichte Störungen des Vibrationsgefühls am inneren Knöchel re.

EEG. vom 17. 10. 44: Ableitung an 10 Punktepaaren. Gut ausgeprägter 9,5 Hz Alpharhythmus, über den vorderen Hirnabschnitten mit eingestreuten Betawellen (s. Abb. 9). Auf den vom Punktepaar 3/4 (Gegend des Beinzentrums) gewonnenen Kurven sind die Alphawellen an einzelnen Stellen re. von etwas geringerer Amplitude als li. Die gleiche Beobachtung wurde bei der Ableitung vom Temporo-Occipitalgebiet gemacht. Keine Deltawellen, insgesamt also keine verwertbaren Abweichungen von der Norm. Kontrollableitung am 20. 10. 44: Im Bereich der Zentralwindungen insbesondere in Nähe der Pfeilnaht wiederum keine greifbaren Veränderungen.

Ventrikulographie vom 25. 10. 44 (Doz. Dr. OKONEK): Punktion beider Hinterhörner an üblicher Stelle, lebhaftes Hirnschwellung beiderseits. Operation vom 25. 10. 44 (Doz. Dr. OKONEK): Osteoplastische Freilegung der li. Zentralregion, Totalexstirpation eines parasagittalen Meningeoms, das in über Fünfmärkstückgröße der Dura anhaftete und den Sinus in größerer Ausdehnung durchwachsen hatte.

Epikrise: Anamnese und Befund sprachen für einen langsam fortschreitenden, parasagittal gelegenen raumbeengenden Prozeß der li. Zentralregion. Wie es scheint, hat die Patientin schon im Jahre 1938 nach dem erwähnten Trauma den ersten Jacksonanfall des re. Fußes gehabt, wohl auf Grund einer traumatisch ausgelösten passageren lokalen Hirnschwellung. Auffällig ist die Tatsache, daß das 2mal abgeleitete EEG. der Norm entsprach zu einem Zeitpunkt, zu dem sich eine Stauungspapille von ungefähr 2—3 Dioptrien gefunden hatte, die wahrscheinlich jüngeren Datums war. Mit diesem Papillenbefund steht die Tatsache im Einklang, daß bei der Ventrikulographie eine lebhafte Hirnschwellung auffiel. Unser Fall lehrt, daß gelegentlich eine Hirndrucksteigerung bestehen kann, ohne daß das EEG. nachweislich verändert sein müßte. Die geringfügigen Störungen der Alphawellenproduktion betrafen überdies die Tumorgegenseite. Die Frage, ob etwa auf Grund des Hirndrucks der Alpharhythmus allgemein aktiviert war, muß in Anbetracht der erheblichen interindividuellen Unterschiede in der Amplitudengröße der Alphawellen offenbleiben.

Gör. Der Pat. hatte jahrelang an Jacksonanfällen des li. Beines gelitten, bevor er zur Aufnahme in die Klinik kam. Befund: Alte Stauungspapille von etwa 1 Dioptrie Prominenz beiderseits, leichte spastische Parese des li. Beines mit Lähmung des Fußes.

EEG.: Langdauernde Ableitung vom parasagittalen Abschnitt der Zentralregion beiderseits: Alpharhythmus geringer Amplitude, keine Seitendifferenz, keine Deltawellen.

Operation vom 3. 11. 45 (Dozent Dr. OKONEK): Entfernung eines großen parasagittal gelegenen Meningeoms, das den Sinus durchwachsen hatte. Umgebende Hirnwindungen stark verbreitert.

Bei dem 3. Fall dieser Gruppe (Flun.), einer Pat. mit Stirnhirngliom re., die $3\frac{1}{2}$ Jahre vor der Einweisung in die Klinik an cerebralen generalisierten Anfällen gelitten hatte und infolge sekundärer Opticusatrophie erblindet war, fanden sich im EEG. ebenfalls keine Deltawellen, obgleich die Prominenz der Papillen immerhin 4 Dioptrien betrug. Die Hirnaktion bestand aus sehr kleinen Beta-Wellen und kleinen unregelmäßigen Schwankungen, die schlecht einzuordnen waren. Da ein derartiges Bild hin und wieder als physiologische Variante vorkommt, ließ sich nicht entscheiden, ob etwa durch den Hirndruck der Alpharhythmus unterdrückt wurde oder ob die schlechte Ausprägung der Alphawellen lediglich eine konstitutionelle Besonderheit darstellte. Leider fehlt in diesem Falle die Ableitung vom basalen Stirnhirn.

Bei einer gemeinsamen Betrachtung unserer 3 Tumoren mit Papillenschwellung aber ohne greifbare Veränderungen im EEG. fällt auf, daß die Anamnese von relativ langer Dauer war, auch bei dem Stirnhirngliom Flun. So liegt die Vermutung nahe, daß in diesen Fällen jene Rindenfunktionen, mit denen das EEG. im Zusammenhang steht, die Möglichkeit einer Anpassung hatten. Es hat sich der Hirndruck sozusagen eingeschlichen, so daß die Hirnaktion nicht zu Frequenzänderungen angeregt wurde. Allerdings spielt wohl auch noch die parasagittale Lage für das Fehlen von EEG.-Störungen eine Rolle (s. weiter unten). Da bei Ot. und Gör. die Prominenz nur gering war, gehört zu unseren 72 Großhirntumoren nur ein Fall mit fehlender Deltawellenproduktion trotz erheblicher Stauungserscheinungen an den Papillen. Diese Konstellation ist also außerordentlich selten.

Nicht minder bemerkenswert ist das Vorkommen von *Deltawellen im EEG. bei normalem Augenhintergrund*; wir verfügen über 7 entsprechende Beobachtungen:

Lind. Erkrankung etwa 8 Wochen vor der Klinikaufnahme mit Hirndrucksymptomen und Parese der re. Hand. Fundus o. B. Geringe spastische Hemiparese re. Im EEG. Deltawellen, vorwiegend über der li. Hemisphäre. Autopsie: Walnußgroße Metastase eines Rectumcarcinoms in den hinteren medialen Partien des li. Scheitellappens sowie Metastase in der re. Kleinhirnhemisphäre.

Lang. Tief subcortical gelegenes Schläfenlappenastrocytom li. mit Uncinatusanfällen in der Anamnese, die etwa 5 Monate vor der Einweisung erstmalig aufgetreten waren und teilweise Bewußtseinsverluste einleiteten. Augenärztlicher Befund o. B. Im EEG. Reduktion und passagere Deltawellen li. temporal.

Wil.: Kleinfautgroßes Astrocytom re. parasagittal-zentral. In den letzten 6 Monaten vor der Klinikseinweisung linksseitige Jacksonanfälle. Fundus o. B. Spastische Hemiparese li. Im EEG. re. fronto-parietal mittelgroße Deltawellen kombiniert mit biphasischen Krampfpotentialen.

Gorl. Glioblastoma multiforme re. fronto-parietal; im EEG. Deltawellen frontal und parietal vorwiegend re., in schwächerer Ausprägung li. — $\frac{1}{2}$ Jahr vor der Klinikaufnahme Kopfschmerzen, Schwindelanfälle, Doppeltsehen, Erbrechen sowie 4 cerebrale Anfälle. Keine Stauungspapille, geringfügige spastisch-paretische Erscheinungen li. Gelegentlich zu läppisch-albernem Verhalten neigend. Nur Arteriographie, keine Operation.

Krau. Inoperables Gliom li. fronto-temporal. Schon von jeher Kopfschmerzen, die sich $\frac{1}{4}$ Jahr vor der Klinikseinweisung erheblich verstärkten. 14 Tage vor der Aufnahme Ohnmachten, seitdem zunehmende aphasische Störungen. Verdacht auf beginnende Opticusatrophie beiderseits, aber keine Stauungspapille. Leichte Parese der rechtsseitigen Extremitäten bei gesteigertem Tonus ohne Reflexdifferenzen. Gemischt motorisch-sensorische Aphasie. Im EEG. Deltawellen mit aktivierten Alphawellen im Gebiet der li. Hemisphäre ohne scharfe fokale Abgrenzung.

Agro. Gliom. li. fronto-basal Seit $\frac{1}{4}$ Jahr „Anfälle“ im Schlafe auftretend, anschließend sprechunfähig, sonst beschwerdefrei. Fundus regelrecht. Fragliche zentrale VII Parese li., Armreflexe re. vielleicht eine Spur lebhafter. EEG.: Im Gebiet des li. Stirnhirns gut abgegrenzter Deltawellenfokus.

Piel. (s. auch S. 60). Gliom des li. Occipital- und Temporallappens mit Deltawellen im Bereich des gesamten Gehirns. Amplitude mittelgroß. Beginn des Leidens 7 Monate vor der Klinikseinweisung mit amnestisch-aphasischen Störungen.

Vergleichen wir die Krankengeschichten dieser 7 Patienten, bei denen der raumfordernde intrakranielle Prozeß zwar nicht zu einer Stauungspapille wohl aber zu Deltawellen im EEG. Anlaß gegeben hatte mit den 3 Fällen, bei denen die umgekehrte Situation vorlag, so ist festzustellen, daß es sich hier um wesentlich kürzere Krankheitsverläufe handelt. Die Dauer der Anamnese beträgt bei diesen 7 Fällen im Durchschnitt 6,3 Monate, bei den 3 Fällen mit normalem EEG. mehrere Jahre. Es scheint also in der Tat, wie oben vermutet wurde, das *Wachstumstempo des Tumors für den Einfluß auf die Hirnaktion von Bedeutung zu sein; bei relativ schnell sich entwickelnden Rindenschädigungen reagiert offenbar die Hirnaktion in*

manchen Fällen rascher mit Änderungen der Frequenz als der Opticus mit der Papillenschwellung. Auf der gleichen Linie liegt unsere Beobachtung, daß bei rasch sich entwickelnden Hirnabscessen im EEG. regelmäßig sich auch dann langsame Deltawellen finden, wenn der Augenhintergrund noch völlig intakt ist oder allenfalls eine geringe Unschärfe der Papillen zeigt. Wir haben hier ein handgreifliches Beispiel dafür, daß für die Entstehung eines cerebralen Symptoms, hier der Deltawellen, die Wachstumsgeschwindigkeit des raumfordernden Prozesses eine entscheidende Rolle spielt, wie das ja hinsichtlich der Entwicklung der Hirnschwellung durchaus bekannt ist: Da die Gefäßversorgung sich bei den langsam wachsenden Tumoren besser an die veränderten Verhältnisse anzupassen vermag, entsteht beim Meningeom die Hirnschwellung wesentlich später als beim Gliom. Und schließlich kennen wir die Bedeutung der Wachstumsgeschwindigkeit für die Entwicklung neurologischer und psychischer Ausfälle, die bei sehr langsam sich vergrößernden Tumoren bisweilen erstaunlich gering sind.

Es fragt sich nun, ob man nach diesen Erhebungen von einer Korrelation zwischen EEG. und Stärke der intrakraniellen Druckerhöhung — gemessen am Papillenbefund — sprechen kann.

Eine positive Beziehung ist zweifellos insofern vorhanden, als *Großhirntumoren mit Stauungspapille durchweg deutliche EEG.-Veränderungen* zeigen. Unter unseren 57 Hemisphärentumoren mit Papillenschwellung hatten 54 langsame Deltawellen; nur bei 3 Fällen fehlten verwertbare Störungen der Hirnaktion, wobei das geringe Wachstumstempo und wohl auch die parasagittale Lage (bei 2 Fällen) mit im Spiele gewesen sein dürften.

Die umgekehrte „Dissoziation“ zwischen EEG. und Fundus ist häufiger: Unter 15 Fällen mit scharf begrenzter Papille war zwar das EEG. 2mal regelrecht und nur gering gestört bei 6 Patienten. Es bleiben aber immerhin 7 Tumoren, bei denen langsame Deltawellen abzuleiten waren, während das Bild des Augenhintergrundes der Norm entsprach.

Es wäre natürlich möglich, daß hier trotzdem der Hirndruck erhöht war; denn es ist bekannt, daß die Stauungspapille auch bei Steigerung des intrakraniellen Drucks gelegentlich fehlen kann; dies gilt insbesondere für Neubildungen der vorderen Schädelgrube, bei denen man das Ausbleiben der Stauungspapille mit der Kompression des Opticus durch den Tumor zu erklären suchte, die einen Übertritt von Gewebsflüssigkeit vom intrakraniellen Teil des Nerven in den orbitalen verhindere. Pathogenetisch könnte dieser Mechanismus aber nur für unsere beiden Stirnhirntumoren Agro. und Krau. (s. S. 73) herangezogen werden, zumal bei letzterem der N. opticus angedeutet atrophisch war. Bei den anderen Tumoren, die nicht im Stirnhirn lokalisiert waren, mögen die Verhältnisse so gelegen haben, daß *die Hirnschwellung noch*

nicht lange genug bestand, als daß sie — gemäß der Theorie von SPATZ und MARCHESANI — bis zum Opticus als vorgeschobenem Hirnteil hätte vordringen können.

Man kann sich aber auch vorstellen, daß Deltawellen beim Hirntumor auftreten, ehe es zur intrakraniellen Drucksteigerung kommt. Träge Schwankungen werden bekanntlich bei einer größeren Zahl von Hirnerkrankungen gefunden, bei denen der Druck im Schädelinnern *nicht* erhöht ist, wie z. B. bei Paralyse und genuiner Epilepsie, und es wäre durchaus denkbar, daß bei Hirntumoren sich *die beginnende Durchblutungsstörung* der Rinde infolge Behinderung des venösen Abflusses *zunächst in Form einer Abänderung der Hirnpotentiale auswirkt und die Hirnschwellung nachfolgt.* Für diese Auffassung könnte die noch nicht erwähnte Tatsache ins Feld geführt werden, daß sich unter den 54 Tumoren mit Stauungspapille und Deltawellen etliche Fälle mit nur geringer Prominenz der Papillen befanden.

In praktisch diagnostischer Hinsicht ist also festzuhalten, daß im allgemeinen bei Hemisphärentumoren mit Stauungspapille im EEG. sich Deltawellen finden. Es ist aber durchaus nicht ungewöhnlich, daß träge Schwankungen bereits nachweisbar sind, ehe am Fundus Stauungserscheinungen sich zeigen, so daß — selbst wenn man den lokaldiagnostischen Gesichtspunkt völlig außer acht läßt — das EEG. eine Methode darstellt, mit der unter Umständen *frühzeitiger als durch Spiegelung des Augenhintergrundes der organische Hirnprozeß entdeckt werden kann.* Das umgekehrte Verhalten, also Fehlen von Störungen der Hirnaktion bei nachgewiesener Stauungspapille ist dagegen ausgesprochen selten.

V. Topographische Verhältnisse des Tumors und EEG.

Distanz der Tumoroberfläche von der Hirnoberfläche.

Wenn unsere Behauptung zutrifft, daß die EEG.-Veränderungen durch Funktionsstörungen von seiten der geschädigten Hirnrinde und nicht durch die Neubildung selbst entstehen, dann müssen auch Geschwülste, welche die Hirnoberfläche nicht erreichen, eine Verlangsamung der normalen Rhythmen bewirken können. Das ist in der Tat auch der Fall. Uns liegen von 40 supratentoriellen Tumoren genaue Angaben über die Distanz von der Tumoroberfläche zur Hirnoberfläche vor. Von 16 Geschwülsten, die ausgesprochen subcortical gelegen waren, fehlten lokale EEG.-Veränderungen lediglich bei dem früher (3) erwähnten Fall Br. mit einer links parietal in Nähe der Mantelkante gelegenen Cyste. Die hirnelektrischen Befunde der übrigen 15 Fälle unterschieden sich in keiner Weise von denjenigen, die bei rindennah gelegenen Tumoren gewonnen waren. Um diesen Tatbestand

zu unterstreichen, führen wir einige entsprechende Beobachtungen an. Von den Tumoren des basalen Stirnhirns sei nur ein Fall herausgegriffen:

In dem Operationsbefund des Pat. Berl., dessen li. fronto-basal gelegenes Meningeom durch einen typischen Deltawellenfokus der li. Stirnseite angezeigt wurde (s. Abb. 1), heißt es wörtlich: „Die Windungen des Hirns sind stark abgeplattet, von weicher Konsistenz. Von einem Tumor ist nichts zu sehen und zu fühlen Wegen der starken Hirnswellung ist eine Exploration der Olfactoriusgegend und der Falx nicht möglich. Es wird daher nach Verschließen der oberflächlichen Gefäße ein Querresektionsschnitt angelegt und in die Tiefe erweitert. Dabei stößt man auf die Oberfläche eines grau-roten, abgekapselten, außerordentlich blutreichen Tumors von ziemlich weicher Konsistenz, der extracerebral liegt und vom Boden der vorderen Schädelgrube ausgeht“.

Ähnliche Beobachtungen wurden bei Tumoren der mittleren Schädelgrube gemacht. Bei Fall Berg. befand sich die Tumoroberfläche 4 cm unter der Hirnrinde, bei der Patientin Schüt. betrug die Distanz 2—3 cm und bei Albr. 3 cm. Auch die Schläfenlappentumoren Hart. und Stö. (s. Abb. 5), die zu schweren Abänderungen im Bild der Hirnpotentiale geführt hatten, lagen subcortical. Der Occipitaltumor Dom. (s. Abb. 3) war derart in der Tiefe gelegen, daß Inspektion und Palpation des Hinterhauptslappens bei der Operation zunächst gar keinen Anhaltspunkt für eine Geschwulst ergaben.

Aber damit nicht genug: Auch Tumoren der *Großhirnganglien* können zu Deltawellenherden Anlaß geben, wie die folgenden 2 Fälle beweisen, über die in Form kurzer Epikrisen berichtet sei.

Hof. 45 Jahre alt. Eine Anamnese ist von der ausgesprochen dement-euphorischen Pat., bei der Gedächtnis und Merkfähigkeit schwer gelitten haben, kaum zu erheben, zumal auch das Sprachverständnis gestört ist. Befund: Stauungspapille beiderseits. Regelloser Blickrichtungsnystagmus, leichtes Schwanken beim Romberg, sonst in neurologischer Hinsicht normale Verhältnisse. Im Laufe der Beobachtung tritt immer mehr eine ausgesprochene Schlafsucht zutage. EEG.: Träge Schwankungen über dem ganzen Gehirn, konstant aber li. von größerer Amplitude und Häufigkeit. Ventrikulogramm: Inoperables Gliom der linksseitigen Großhirnganglien.

Let. Auch diese Pat. ist ausgesprochen benommen. Fundus beiderseits o. B. Konvergenzschwäche beiderseits. Extrapramidale Parese der rechtsseitigen Gliedmaßen, an denen zeitweilig ein lebhafter Schütteltremor auftritt. EEG.: Über der gesamten li. Hemisphäre Deltawellen, die basal stärker ausgeprägt sind als in der Scheitelgegend. Ventrikulogramm: Inoperabler Tumor der linksseitigen Stammganglien.

Es steht somit fest, daß auch Tumoren, die tief unter der Hirnoberfläche gelegen sind, zu schweren pathologischen EEG.s Anlaß geben können. Man kann sogar sagen, daß die Entfernung des Tumors von der Rinde für das Verhalten des EEG. ohne Belang ist, sondern es kommt lediglich darauf an, ob das Neoplasma eine Hirnrindenschädigung mit sich bringt oder nicht.

Die Beweiskette läßt sich dadurch vervollständigen, daß wir den tiefliegenden Tumoren mit positivem EEG.-Befund oberflächennahe Geschwülste mit normalem hirnelektrischen Bild gegenüberstellen. Laut Operationsbericht haftete bei Ot. das parasagittale Meningeom der Dura in Fünfmärkstückgröße an; die an dieser Stelle abgeleitete Aktion zeigte jedoch keine Besonderheiten. Das gleiche gilt von Bach. (s. S. 68), dessen Gliom ebenfalls in Fünfmärkstückgröße im Parietallappen der Dura anlag, ohne daß diese Stelle im EEG. kenntlich gewesen wäre.

Bedeutungsvoll scheint sowohl für die Entstehung der EEG.-Veränderungen an sich als auch für die Abgrenzbarkeit des Deltawellenherdes der *Sitz der Geschwulst* zu sein. Betrachten wir nämlich jene Tumoren, bei denen der Deltawellenfokus wohl umschrieben war, so muß auffallen, daß es sich hier 1. um Tumoren an der Basis des Stirnhirns, 2. an der Basis des Schläfenlappens und 3. im Gebiet des Occipitallappens handelte. Bei den Neubildungen des Frontozentralgebiets und auch des Parietallappens griffen die Deltawellenherde dagegen häufig auf die benachbarten Lobi über. Das gleiche gilt von Geschwülsten des hinteren Stirnhirns. Einigen Tumoren des Frontozentralgebiets mit Krampfpotentialen kam allerdings ein relativ genau abgrenzbarer Fokus zu.

Wir vermuten, daß hier mechanische Faktoren eine Rolle spielen.

Man kann sich die Geschwulst in die Form eines Würfels umgewandelt denken und wird dann 6 Druckrichtungen, nach vorn, hinten, oben, unten, medial und lateral unterscheiden. Die Druckwirkung nach medial und lateral kommt Geschwülsten beliebigen Sitzes zu; die letztere ist offenbar für die Genese der lokalen EEG.-Störungen von Bedeutung. Bei den Tumoren an der Basis des Stirn-, Schläfen- und Occipitallappens kann sich der Druck nach unten nicht im Sinne eines Übergreifens der EEG.-Veränderungen auf einen benachbarten Hirnteil auswirken, wie dies bei Neubildungen des Parietallappens der Fall ist, die den Temporallappen beeinträchtigen können. Tumoren des Stirn- und Schläfenhirns haben keinen Hirnteil vor sich, auf den die EEG.-Störungen übergreifen könnten und bei den Occipitallappengeschwülsten ist die Abgrenzung nach hinten in jedem Falle eine scharfe. Die bei Prozessen des Parietallappens oft sehr diffuse Ausbreitung der abnormen Potentiale dürfte also einfach darin begründet sein, daß hier in allen Richtungen benachbarte Hirnteile mitgeschädigt werden können.

Eine Sonderstellung scheinen weiterhin die parasagittal gelegenen Geschwülste einzunehmen. Etwaige Veränderungen der Hirnaktion über dem Blastom selbst können hier dadurch latent bleiben, daß ein 4—7 cm breiter Streifen beidseits der Mittellinie von der Hirnaktion der anderen Seite mit beeinflußt wird. *In diesem Gebiet ist das EEG. also eine Resultante der Aktion der darunterliegenden und der benachbarten Rinde der anderen Hemisphäre.* Differenzen zwischen re. und li. vermögen sich hier deshalb weniger leicht auszubilden als bei einer Elektrodenabstand von mindestens 10—12 cm. — Im übrigen hat es den Anschein, daß parasagittale Tumoren durch Fernwirkung in Richtung auf die Basis besonders leicht zu diagnostisch in die Irre führenden EEG.-Störungen — homolateral und kontralateral — Anlaß geben können.

Hinsichtlich der *Beziehung zwischen Tumorgröße und EEG*, hat sich folgendes ergeben: Die Größe der Geschwulst spielt wahrscheinlich für die Ausprägung der EEG.-Veränderungen keine Rolle: Es kann unter Umständen ein großer Tumor die Hirnaktion intakt lassen; so handelte es sich bei den auf S.62 angeführten Fällen um Tumoren von erheblichen Dimensionen. Umgekehrt kann ein sehr kleines Neoplasma das EEG. stark verändern, wie der von KORNMÜLLER publizierte bemerkenswerte Fall eines Schläfenlappenglioms beweist, das dem Nachweis durch Encephalographie und Arteriographie entgangen war. Diesem Fall könnte man unsere Patientin Hart. an die Seite stellen, bei der ein winziger, kaum auffindbarer Schläfenlappenabsceß mit einem ausgebreiteten Deltawellenfokus einhergegangen war (siehe DUENSING und KIRSTEIN). Wir müssen diese beiden Beobachtungen hier heranziehen, da in unserem Tumormaterial sehr kleine Geschwülste fehlen. — In ähnlicher Weise also wie die Stärke der Hirnschwellung nicht mit der Größe des Tumors korreliert, besteht auch keine Abhängigkeit in der Ausprägung der EEG.-Veränderungen von den Größenverhältnissen des Neoplasmas.

Abschließend stellen wir also fest, daß *die Ausbildung der EEG.-Veränderungen von der Lage des Tumors zur Hirnoberfläche durchaus unabhängig ist. Auch bei Tumoren des Hemisphärenmarks und des Stammgangliengebiets kommen infolge Schädigung der Rinde Deltawellenbefunde der gleichen Art vor wie bei rindennah gelegenen Geschwülsten.* Dieser Tatbestand ist einerseits für die hirnelektrische Diagnostik von Vorteil, denn es würde mit der Erkennung von Tumoren mit Hilfe des EEG. schlecht bestellt sein, wenn nur Geschwülste, welche die Oberfläche erreicht haben, die Hirnaktion veränderten. Zugleich bedeutet er aber auch eine Einschränkung, da *nach dem EEG. nicht vorauszusehen ist, ob die Geschwulst rindennah oder in der Tiefe liegen wird*¹. Auch eine *Abschätzung der Größe des Tumors scheint nach dem Bild der Hirnpotentiale nicht möglich zu sein.* — Hingegen ist die Lokalisation der Neubildung für die Entwicklung und Abgrenzbarkeit der EEG.-Veränderungen von Bedeutung: Tumoren an der Basis des Stirn-, Schläfen- und Hinterhauptslappens eignet nicht selten ein relativ gut abgegrenzter Deltawellenherd, während Parietallappengeschwülste sehr häufig zu recht diffusen Störungen der Hirnaktion führen. Besonders schwierig scheint die Erkennung der parasagittal gelegenen Neubildungen im EEG. zu sein.

VI. EEG. und Artdiagnose der Geschwulst.

Wenn auch die Veränderungen der Hirnaktion nur indirekt mit dem raumverdrängenden Prozeß zusammenhängen und deshalb von vornherein eindeutige Entsprechungen zwischen Tumorgattung und

¹ EEG.-Phänomene, welche auf die Beteiligung des Stammgangliengebietes hinweisen, sollen in einer nachfolgenden Arbeit beschrieben werden.

hirnelektrischem Bild nicht zu erwarten sind, so verlohnt es sich doch, auch dieser Frage nachzugehen.

In unserem Material dominieren die Gliome zahlenmäßig noch mehr über die anderen Tumoren als in den großen Statistiken; leider fehlt bei einem Teil die spezielle Artdiagnose. Histologisch verifiziert wurden 11 Meningeome, 12 Astrocytome, 35 bösartige Gliome.

Unter den 11 Meningeomen war 3mal (nämlich bei unseren parasagittalen Meningeomen Ot., Gör. und Ap.) das EEG. regelrecht. Bei den übrigen 8 Fällen fanden sich sehr ausgedehnte Deltawellenherde.

In der Gruppe der bösartigen Gliome überwiegen bei weitem die Fälle mit Deltawellenherden; immerhin wurde 4mal (Fi., Gu., Ro., Jac.) eine Reduktion im Tumorbereich gefunden (Abb. 2 und 6).

Bemerkenswert sind die EEG.-Befunde der Astrocytome. Zu 11 Fällen, bei denen diese Artdiagnose gestellt war, gehören nur 3 mit ausgesprochen langsamen Deltawellen (Rie., Weiss., Hom.). Die übrigen EEG.s lassen dagegen auf eine weniger schwere Rindenfunktionsstörung schließen: Es fanden sich mittelgroße Deltawellen zum Teil in Verbindung mit Krampfpotentialen, 2mal war die Alphawellenaktivierung vertreten, in einem Fall war der Befund negativ.

Diese Erfahrungen stehen recht gut mit dem klinischen Verhalten der einzelnen Tumorarten im Einklang: *Meningeome* kommen teils ohne wesentliche Hirndruckerscheinungen zur Operation (3 Tumoren), teils ist die intrakranielle Drucksteigerung sehr stark wie bei den übrigen 8 Fällen. Beim *Glioblastoma multiforme* ist die Hirnschwellung in der Regel erheblich und nur in Einzelfällen gering. Dieses Verhalten spiegelt sich in unseren EEG.-Befunden wieder; nur bei wenigen Fällen mit dieser Artdiagnose waren die hirnelektrischen Veränderungen wenig eindrucksvoll. Das *Astrocytom* gilt gemeinhin als relativ gutartige Gliomart mit sehr langsamem Wachstum. Dem entspricht die bei 7 von 11 Fällen im EEG. festgestellte blande Rindenfunktionsstörung. Unsere 3 Astrocytome mit langsamen Deltawellen befanden sich dagegen im Hirndruckzustand.

Man kann aus dem Elektrencephalogramm demnach die Geschwulstart nicht vorher bestimmen, da jeder Typ des EEG.-Befundes bei jeder Tumorgattung gelegentlich vorkommen kann. Zur Differentialdiagnose zwischen Meningeom und Glioblastom beispielsweise vermag das EEG. nicht beizutragen, denn die Veränderungen sind vielfach bei beiden Geschwulstarten besonders schwer. Hingegen können die beschriebenen mäßig ausgeprägten Abwegigkeiten (*Alphawellenaktivierung, kleine und mittelgroße Deltawellen eventuell in Verbindung mit Krampfpotentialen*) bei entsprechender klinischer Situation die *Diagnose einer langsam wachsenden Geschwulst unterbauen helfen*, aber nur im Sinne eines Hinweises, da ja diese Phänomene vereinzelt auch beim Glioblastoma multiforme beobachtet werden. Schließlich sei als praktisch

Tabelle 2. Tumoren des Kleinhirnwurms und des 4. Ventrikels.

1.	Hil.	Keine Stauungspapille, beide Pupillen lichtstarr, erhebliche Schschwäche beiderseits, geringe Hörstörung beiderseits, Schwäche und Hypotonie des li. Armes und Beines, Finger-Nasenversuch und Knie-Hackenversuch beiderseits unsicher. Keine Pyramidenbahnzeichen. Sprache bulbär verwaschen. Astatie und Abasie. Stark benommen.	An allen 10 Punktepaaren vereinzelt mittelgroße Deltawellen in etwa symmetrischer Ausprägung. Kein verwertbarer Herdbefund.	Sektion: Großes, in den 4. Ventrikel eingewachsenes Gliom des Kleinhirns. Hydrocephalus int. Ödematöse Schwellung des Gehirns, frische mit kleinen Blutungen durchsetzte Erweichungen im Thalamus beiderseits.
2.	Bel.	Stauungspapille beiderseits, Lagenystagnus. Hypotonie aller Extremitäten, Knie-Hackenversuch re. ataktischer als li., Finger-Nasenversuch beiderseits unsicher, cerebellar-ataktischer Gang. Wolken-schädel.	EEG. (5/6, 15/16, 19/20, 1/2): An allen diesen Punkten Deltawellen, zum Teil in Gruppen ohne konstante Seitendifferenz.	Ventrikulogramm: großer Hydrocephalus int. bis zum Aquädukt. Operation: Hühnereigroß, in der Mittellinie gelegener und mit dem Boden der 4. Kammer verwachsener Tumor.
3.	Thö.	Deutliche Nackensteifigkeit, Druckempfindlichkeit des Occipitalis beiderseits, zentraler Nystagnus, hochgradige Stauungspapille beiderseits, li. stärker als re., Finger-Nasenversuch beiderseits unsicher. Untere Extremitäten: Hypotonie beiderseits, Patellarsehnenreflex und Achillessehnenreflex beiderseits aufgehoben, beim Rombergstarke Fallneigung nach hinten. Gang: cerebellar-ataktisch. Psychisch: deutlich benommen.	EEG.: Über beiden Hemisphären zahlreiche symmetrische Deltawellen.	Operation: Tumor im Oberwurm.
4.	Sand.	Stauungspapille re. von 2 Dioptrien, li. von 1 Dioptrie, geringe zentrale VII-Parese li., grobschlägiger Nystagnus horizontalis und verticalis. Hypotonie aller 4 Extremitäten, stärkeres Absinken des li. Armes beim Positionsversuch. Finger-Nasenversuch li. unsicherer als re., Diadochokinese re. ungeschickt, Stehen auf einem Bein li. Spur unsicherer als re. Wolkenschädel.	EEG. (10 Punktepaare): Über den hinteren Hirnabschnitten beiderseits Deltawellen, deren Amplitude bei 5/6 und 15/16 am größten ist. An mehreren Stellen sind die Deltawellen li. etwas ausgeprägter als re.	Operationsbefund: Großes Ependymom des 4. Ventrikels mit dem Boden der Kammer verwachsen und deswegen inoperabel.
5.	Hei.	Stauungspapille von 3—4 Dioptrien beiderseits, geringer Nystagnus beim Blick nach re., etwas träge Lichtreaktion der Pupillen, zentrale VII-Parese re., fragliche Spasmen im re. Arm, Radiospiriotreflex re. Spur lebhafter. Beim Gang kein Mitpendeln des re. Armes, beim Romberg leichtes Schwanken.	Reduktion an den Punkten 19, 17 und 15, sonst keine Abweichungen.	Sektionsbefund: Carcinommetastase im Kleinhirnwurm (vor mehreren Jahren Mammaamputation).

Tabelle 3. Tumoren der Kleinhirnhemisphäre.

1. See.	Stauungspapille li. von 2—3, re. von 1 Dioptrie, grobschlägiger, horizontaler und vertikaler Nystagmus. Extremitäten neurologisch fast o. B., Patellarsehnenreflex re. negativ, li. schwach +, Achillessehnenreflex re. schwächer. Verdacht auf Wolkenschädel.	EEG. 15/16: schlechter Alpharhythmus r = 1, 19/20: Kleine Deltawellen r = 1, 17/18: ebenfals seitengleich.	Ventrikulogramm: symmetrischer Hydrocephalus internus. Operation: Meningeom der re. Kleinhirnhemisphäre, von der Unterfläche des Tentoriums ausgehend.
2. Mar.	Stauungspapille von 3 Dioptrien beiderseits, Gesichtsfelder konzentrisch eingeengt, Nystagmus. Obere Extremitäten o. B., leichte Hypotonie der unteren Extremitäten, Patellarsehnenreflexe negativ, Achillessehnenreflexe schwach +, Knie-Hackenversuch beiderseits leicht ataktisch. Astasie und Abasie. Wolkenschädel.	EEG.: Konstitutionell besteht die Hirnaktion fast nur aus Beta-Wellen. Occipital (5/6 und 15/16) kleine symmetrische Deltawellen.	Operation: Lindautumor der re. Kleinhirnhemisphäre.
3. Sam.	Hochgradige Stauungspapille beiderseits. Abducensparese re., Nystagmus horizontalis und verticalis. Tonus an allen Gliedmaßen schlaff. Parese und Ataxie des re. Armes und Beines, Dysdiadochokinese re. Fallneigung nach re. beim Romberg. Taubheit und calorische Untererregbarkeit re.	EEG. (9 Punktepaare): Überall unregelmäßige Aktion infolge Einstreuung von mittelgroßen Deltawellen (4—6 Hz), Alphawellen bei 6 + 16 schlechter ausgeprägt als kontralateral.	Operationsbefund: Hühnereigroßer, nicht scharf gegen die Umgebung abgegrenzter Tumor der re. Kleinhirnhemisphäre.
4. Schneeb.	Stauungspapille beiderseits von 4—5 Dioptrien. Abducensparese li. Blickrichtungsnystagmus, cerebellare Gangataxie. Diadochokinese li. ungeschickter.	EEG. (10 Punktepaare): An den meisten Stellen kleine symmetrische Deltawellen. Bei 13/14 Reduktion re. (2 Untersuchungen).	Ventrikulogramm: symmetrischer Hydrocephalus int. Operation: etwa hühnereigroßer Hirnpellet Lindau-Tumor der li. Kleinhirnhemisphäre.

wichtig hervorgehoben, daß nach 4 einschlägigen Beobachtungen auch *Metastasen* nicht mit charakteristischen EEG.-Störungen einhergehen.

VII. Tumoren der hinteren Schädelgrube.

Die Tumoren der Kleinhirngrube sind insofern ein wenig geeignetes Objekt für die hirnelektrische Untersuchung, als die Aktion des Cerebellums mit den heute zur Verfügung stehenden Methoden nicht erfaßt werden kann.

Bei den Ableitungen 4—5 cm beiderseits seitlich des Hinterhauptshöckers werden wahrscheinlich Potentiale des Occipitallappens registriert. Setzt man die Elektroden tiefer, so erhält man Kurven mit sehr geringer Aktion, die durch Potentiale der Nackenmuskulatur entsteht zu sein pflegen. Unsere Versuche, in der Lücke zwischen Splenius capitis und dem hinteren Rande des Sternocleidomastoideus abzuleiten, verliefen ergebnislos.

Aus Tabelle 2 ist über die hirnelektrischen Befunde von 6 Geschwülsten des *Kleinhirnwurms* bzw. des 4. Ventrikels folgendes zu entnehmen: Im allgemeinen wurden über beiden Hirnhälften kleine und mittelgroße 4—6 Hz Deltawellen in symmetrischer Ausprägung gefunden; sie könnten Folge einer durch den Hydrocephalus internus bedingten Schädigung der Großhirnrinde sein, doch dürfte auch eine diencephale Schädigung (Schlafzentrum) mit hineinspielen (s. S. 67)¹. Bei Sand. (Tabelle 2, Nr. 4) waren die trägen Schwankungen occipital von größerer Amplitude und gleichzeitig links deutlicher entwickelt; vermutlich ist hier von seiten der linken Kleinhirnhemisphäre — cerebellare Hypotonie und Ataxie waren links stärker als rechts — eine Druckwirkung auf den gleichseitigen Hinterhauptslappen ausgegangen. Bemerkenswert ist fernerhin das EEG. der Patientin Hei. (Tabelle 2, Nr. 5) mit der Carcinometastase im Kleinhirnwurm; Deltawellen fehlten, doch fand sich eine leichte Alphawellenreduktion über den hinteren Abschnitten der linken Hemisphäre, die im Einklang steht mit der leichten Spastik im rechten Arm und der zentralen Facialisparesie rechts, Erscheinungen, die vielleicht durch Kompression des linken Hirnschenkels bedingt waren. Nach dem EEG. muß wohl durch asymmetrische Ausbildung des Hydrocephalus internus die Rinde der linken Hemisphäre etwas mehr geschädigt gewesen sein.

Auch Tumoren der Kleinhirnhemisphäre können — offenbar auf dem Wege über die Erweiterung der Hirnkammern — Rinde oder Diencephalon schädigen und damit das EEG. abändern, wie sich auf Grund von 4 Beobachtungen ergibt (s. Tabelle 3). Wir fanden bei Seeb. mit einem von der Unterfläche der rechten Hälfte des Tentoriums ausgehenden Meningeom occipital beidseits einen schlecht ausgeprägten Alparhythmus und parietal kleine symmetrische Deltawellen; auch

¹ In einer demnächst in dieser Zeitschrift erscheinenden Arbeit (s. auch Anmerkung S. 78) wird auf die Unterscheidung primär corticaler und diencephal induzierter Deltawellen näher eingegangen.

bei Mar. mit dem rechtsseitigen LINDAU-Tumor fielen lediglich kleine, seitengleiche Deltawellen der Occipitalregion auf. Das EEG. von Sam. war über dem ganzen Gehirn durch Einstreuung mittelgroßer Deltawellen von 4—6 Hz verändert; der Alpharhythmus war rechts occipital etwas reduziert, wohl infolge Druckwirkung des in der rechten Kleinhirnhemisphäre gelegenen Tumors auf den gleichseitigen Occipitallappen. Kleine symmetrische Deltawellen über beiden Hemisphären hatte Schneeb. mit dem hühnereigroßen LINDAU-Tumor der linken Cerebellarhälfte; die rechts temporal gefundene Reduktion des Alpharhythmus muß wohl im Sinne einer noch physiologischen Differenz gewertet werden.

Schließlich sei erwähnt, daß wir bei 3 *Kleinhirnbrückenwinkeltumoren* keine Abweichungen im EEG. nachweisen konnten, wobei hervorzuheben ist, daß es sich hier um Acusticusneurinome ohne Stauungspapille handelte. Auch Ableitungen mit einer Elektrode im äußeren Gehörgang erbrachten keine weiteren Aufschlüsse.

Zusammenfassend ergibt sich also aus unseren bisherigen Beobachtungen, daß *bei Tumoren der Kleinhirngrube meist über beiden Hemisphären kleine und mittelgroße, nicht sehr langsame Deltawellen in symmetrischer Ausprägung gefunden werden*; sie entstehen vermutlich durch die mit dem Hydrocephalus internus verbundene Schädigung der Rinde oder des Hypothalamus. *Nur in Einzelfällen sind die Deltawellen occipital deutlicher als über den vorderen Hirnabschnitten; sie können gelegentlich auf der Tumorseite von etwas größerer Amplitude sein wohl infolge Schädigung des gleichseitigen Occipitallappens. Ein greifbarer Lokalbefund ist demnach vielfach nicht zu erheben.* Wieweit die erwähnten symmetrischen Veränderungen für die Diagnose des Tumors der Kleinhirngrube verwertet werden können, soll später erörtert werden. — Daß wir bei Kleinhirnbrückenwinkeltumoren ohne Stauungspapille keine pathologischen EEG.-Befunde erhoben, stimmt gut überein mit der bekannten Tatsache, daß diese Tumorart in typischen Fällen nur eine Geschwulst am Gehirn darstellt, die zwar zu Hirnnervenausfällen führt, die cerebralen Funktionen aber im übrigen unberührt läßt.

VIII. EEG. und Liquorbefund.

Es mag auf den ersten Blick wenig sinnvoll erscheinen, die Frage nach Beziehungen zwischen EEG. und Zusammensetzung der Cerebrospinalflüssigkeit überhaupt aufzuwerfen. Eine Zusammenstellung derjenigen Tumoren, bei denen der Liquor durch Suboccipitalstich oder Lumbalpunktion gewonnen worden ist, hat jedoch ergeben, daß auch hier gewisse Gesetzmäßigkeiten herrschen. Das Ergebnis der Liquoruntersuchung liegt uns vor von 30 Großhirntumoren. Wir haben nun diejenigen Fälle herausgesondert, bei denen das EEG. der Norm entsprach oder auf eine nur geringe Hirnrindenschädigung

(Alphaaktivierung-Reduktion, kleine Deltawellen) hindeutete. In dieser Gruppe — es handelte sich um 9 Tumoren — war 8mal die Liquorzusammensetzung regelrecht; nur bei Gru.¹ fand sich eine Pleocytose von 290/3, geringe Erhöhung des Gesamteiweiß auf 1,4 und vollständige Koagulation des Mastixsoles in den ersten 3 Gläsern. 16 Patienten mit pathologischem EEG. hatten eine Erhöhung des Liquoreiweißgehaltes; bei 5 Fällen mit ausgesprochenen hirnelektrischen Störungen zeigte dagegen der Liquor nichts Krankhaftes.

Einer Interpretation dieser Ergebnisse soll eine kurze Erörterung über die derzeitigen Anschauungen von der Pathogenese der Liquorveränderungen bei Hirntumoren vorausgeschickt werden. Man unterscheidet zweckmäßigerweise 1. unmittelbar vom Tumor ausgehende und 2. indirekte Wirkungen der Geschwulst auf die Zusammensetzung des Liquors. Was die letzteren anbelangt, so hat BANNWARTH die Theorie vom sog. „Sperrliquor“ überzeugend widerlegt und die Auffassung vertreten, daß bei den Gliomen die abnorme Zusammensetzung des Lumbalpunktats von den topographischen Beziehungen der Geschwulst zu den inneren und äußeren Liquorräumen abhängt. Die dieser Theorie scheinbar entgegenstehenden Fälle, bei denen trotz oberflächennaher Lage des Tumors der lumbale Liquorbefund normal war, erklärt BANNWARTH damit, daß hier durch die Hirnschwellung der Subarachnoidealraum über dem Tumor so verengt wurde, daß Abbauprodukte der Geschwulst zum spinalen Subarachnoidealraum nicht abfließen konnten. BANNWARTH folgert, daß bei den Großhirngeschwülsten die Stärke der lumbalen Liquorveränderungen zum Grade der Hirnschwellung in einem umgekehrten Verhältnis stehen müsse. Für die Eiweißvermehrung im Lumbalpunktat der Meningeome macht er in Übereinstimmung mit DEMME dagegen die Umgestaltung des venösen intrakraniellen Kreislaufs verantwortlich. TÖNNIS, der zusammen mit SCHALTENBRAND die Zusammensetzung der Cerebrospinalflüssigkeit von 158 Hirngeschwülsten überprüfte, stellte als einzige Gesetzmäßigkeit fest, daß die „Liquorveränderungen um so geringer waren, je geringer die intrakranielle Drucksteigerung war“, ein Ergebnis, das der wiedergegebenen Theorie BANNWARTHS entgegensteht. Auch SORGO, der sich auf ein Material von 368 in der Klinik von TÖNNIS operierten, histologisch verifizierten Tumoren stützt, hat die Annahme BANNWARTHS nicht bestätigen können. Er beobachtete Großhirntumoren, die ohne Berührung mit dem Liquorsystem zu haben, mit erheblicher Eiweißvermehrung einhergingen und andererseits Fälle mit intaktem Liquor trotz Verbindung des Tumors mit dem völlig erhaltenen Subarachnoidealraum. Eine direkte Beeinflussung der Cerebrospinalflüssigkeit durch den Tumor nimmt SORGO nur beim Plexuspapillom

¹ Die Krankengeschichte dieses Patienten kann in unserer Arbeit über die Alphawellenaktivierung (3) nachgelesen werden.

und beim Acusticusneurinom an; im übrigen macht er aber für die Entstehung der abnormen Liquorzusammensetzung die venöse Stase mit Transsudation in den Subarachnoidealraum verantwortlich, und zwar sowohl beim Gliom als auch beim Meningeom. Er meint, daß die ebenfalls mit Zirkulationsstörungen im Zusammenhang stehende Hirnschwellung teils hemmend, teils fördernd auf die Umwandlung des Liquors wirken könne.

Betrachten wir unter den aufgezeichneten Gesichtspunkten nochmals unser eigenes kleines Beobachtungsgut, so ergibt sich folgendes: Die Tatsache, daß bei 8 von 9 Fällen mit normalem oder nur gering gestörtem EEG. der Liquorbefund regelrecht war und weiter das Zusammentreffen von pathologischem EEG. mit Liquoreiweißerhöhung bei 16 Fällen steht — unter Berücksichtigung unserer Annahme, daß die Deltawellen beim Hirntumor mit dem Ödem der Rinde zusammenhängen — durchaus im Einklang mit der von TÖNNIS und SCHALTENBRAND nachgewiesenen Korrelation zwischen Liquorbeschaffenheit und Stärke der Hirnschwellung. Gegen eine derartige Abhängigkeit des Liquorbefundes vom Hirndruck sprechen dagegen der oben erwähnte Fall Gru., dessen Liquorveränderungen sich wahrscheinlich mit den engen Beziehungen der im Balken gelegenen Geschwulst zum Ventrikelsystem erklären, sowie jene 5 Tumoren, bei denen das EEG. zwar deutlich pathologisch, der Liquor aber von normaler Zusammensetzung war. Diese Konstellation könnte auf zweierlei Weise erklärt werden: Es wäre möglich, daß hier gemäß dem von BANNWARTH angenommenen Vorgang durch die Hirnschwellung der cerebrale vom spinalen Subarachnoidealraum abgetrennt war. Dieser Deutung steht aber das Fehlen einer Stauungspapille bei 3 von den erwähnten 5 Fällen entgegen. — Einfacher ist diese Dissoziation zwischen EEG. und Liquorbefund zu erklären, wenn man annimmt, daß die *Liquorveränderungen* nicht nur beim Meningeom sondern auch beim Gliom mit *Stauungserscheinungen an den Plexus- und Meningealgefäßen* zusammenhängen und daß diese nicht immer parallel gehen müssen mit der für die Entstehung der *Hirnschwellung* maßgeblichen Stauung der *intracerebralen* Gefäße. Daß vom kolloidchemischen Standpunkt aus keine Bedenken bestehen, die pathologischen Liquorbefunde bei Tumoren durch Übergang von Bluteiweiß in den Liquorraum im Bereich der gestauten und durchlässig gewordenen Plexus- und Meningealgefäße zu erklären, hatten wir in einer früheren Arbeit ausgeführt (1).

Es hat sich also in einem allerdings noch kleinen, der Ergänzung bedürftigen Material ergeben, daß bei Geschwülsten des Großhirns zwischen Intensität der EEG.-Störungen und dem Verhalten des Liquors insofern ein gewisser Zusammenhang besteht, als bei Fällen mit normalem oder nur gering abwegigem EEG. (bei denen vermutlich eine stärkere Hirnschwellung nicht vorliegt) der Liquor in der Regel

keine Veränderungen aufweist und sich bei Tumoren mit deutlich pathologischem EEG. im Liquor meist eine Erhöhung des Eiweißgehaltes findet. Teilweise ist die Zusammensetzung aber normal; diese Fälle erklären sich unseres Erachtens so, daß hier durch venöse Stauung Rindenfunktionsstörungen entstanden sind, während die Permeabilität des meningealen Gefäßsystems ungeändert blieb, vielleicht gelegentlich aber auch mit einer Verlegung des Subarachnoidealraums über dem Tumor, wie BANNWARTH annimmt.

Die folgende Zusammenstellung soll die vorstehenden pathogenetischen Erörterungen kurz zusammenfassen:

1. Die EEG.-Veränderungen sind beim Tumor ein Indicator für den Zustand der Rinde (Durchblutungsminde- rung, O₂-Mangel, Säuerung, Ödem)¹.
 2. Die Hirn- schwellung ist abhängig von der Durchblutungs- drosselung des Marks.
 3. Die Liquorveränderungen zeigen die Permeabilität der Plexus- und Meningealgefäße an.
- 1., 2. und 3. werden sich oft, aber durchaus nicht in allen Fällen gleichläufig verhalten.

IX. Diagnostische Gesichtspunkte.

EEG. und Tumorlokalisation.

Mit Absicht haben wir bisher praktisch-diagnostische Gesichtspunkte kaum berührt, da es uns zunächst darauf ankam, in zweckfreier Untersuchung den Einfluß intrakranieller Neubildungen auf die Hirnaktion als solchen zu verfolgen. Wir fragen nunmehr aber nach der klinischen Anwendbarkeit der Methode für die Tumordiagnostik. Wer da meint, daß man mit dem EEG. bei jeder Hirngeschwulst eine genaue Lokal- diagnose stellen könne und daß Encephalographie, Ventrikulographie und Arteriographie eines Tages nur noch historischen Wert haben würden, befindet sich im Irrtum. Es gibt günstig gelagerte Fälle mit gut abgegrenztem Deltawellenherd, bei denen man auf die chirurgisch-diagnostischen Maßnahmen verzichten und sofort zum operativen Eingriff schreiten kann; im allgemeinen macht das EEG. nach unseren bisherigen Erfahrungen die Ventrikulographie oder die Arteriographie jedoch nicht überflüssig. Es liegt das nicht etwa daran, daß die Apparaturen zur Ableitung der Hirnaktion noch zu unvollkommen oder unsere Kenntnisse vom menschlichen EEG. noch zu lückenhaft wären, sondern der Sicherheit und Genauigkeit in der rein hirnelektrischen Lokalisation von intrakraniellen Neubildungen sind unseres Erachtens wegen der oben aufgezeichneten pathophysiologischen Verhältnisse gewisse Grenzen gesetzt. Mit der Ventrikulographie erfassen wir die — durch den Tumor, die begleitende Hirn- schwellung oder den Mechanismus der hydro-

¹ Die Einflüsse des Hirnstamms auf die corticalen Rhythmen haben wir in dieser Gegenüberstellung vernachlässigt.

cephalen Erweiterung bedingten — Formveränderungen an den Hirnkammern. Das EEG. gibt dagegen über bestimmte Rindenfunktionsstörungen Auskunft, die sich nur bei einem Teil der Fälle auf das Tumorgebiet selbst beschränken, oft aber ein erheblich größeres Areal einnehmen, gelegentlich aber auch nur sehr gering ausgeprägt sind oder gar fehlen. Trotz dieser Schwierigkeiten bedeutet die Verwendung des EEG. für die Tumordiagnostik einen Fortschritt.

Allein der Nachweis von Deltawellen beliebiger Ausprägung und Lokalisation im EEG. kann — wie schon kurz angedeutet wurde — in ähnlicher Weise wie die Feststellung einer Stauungspapille *die Diagnose eines ernstzunehmenden organischen Hirnleidens unterbauen helfen*.

Für die Differentialdiagnose zwischen infratentoriell und supratentoriell gelegenen Geschwülsten lassen sich zur Zeit etwa folgende Richtlinien geben: Bei Tumoren im Bereich des Großhirns findet sich teilweise ein relativ gut umschriebener Deltawellenherd; oder es sind die abnormen EEG.-Phänomene über der tumortragenden Hemisphäre deutlicher als auf der Gegenseite. Neubildungen der Kleinhirngrube können auf dem Wege über den Hydrocephalus internus ebenfalls die corticalen Potentiale verändern; man beobachtet dann Deltawellen, die aber annähernd symmetrisch zu sein pflegen und in der Regel von geringerer Amplitude und rascherer Frequenz sind als bei den Hemisphärentumoren. Findet man also einen Deltawellenfokus bzw. eine andere lokale Störung der Hirnaktion oder aber eine konstante Seitendifferenz in der Produktion abnormer Potentiale zwischen rechter und linker Hemisphäre, so ist auf einen supratentoriellen Tumor zu schließen; sind die Deltawellen dagegen seitengleich und von relativ rascher Frequenz, so muß bei entsprechender klinischer Situation in erster Linie an ein Neoplasma der hinteren Schädelgrube gedacht werden. Dabei wird man gleichzeitig den Papillenbefund berücksichtigen: Das Zusammentreffen von starker Papillenprominenz mit symmetrischen raschen Deltawellen geringer Amplitude spricht für Tumor der Kleinhirngrube, da das EEG. von Großhirntumoren mit starker Stauungspapille meist langsame Deltawellen zeigt. — Nun können aber bei einzelnen supratentoriellen Tumoren die trägen Schwankungen über beiden Hemisphären annähernd oder sogar völlig seitengleich ausgebildet sein, besonders bei starker intrakranieller Drucksteigerung (s. S. 59). In diesen Fällen kann bei klinisch unklarer Symptomatologie auch das EEG. die gewünschte Entscheidung nicht bringen, zumal gelegentlich auch beim Hemisphärentumor nicht sehr langsame Deltawellen vorkommen.

Lokalisatorische Verwendung des EEG. bei supratentoriellen Tumoren. Es gibt Großhirntumoren, bei denen in neurologischer Hinsicht topisch verwertbare Anhaltspunkte fehlen und erst mit Hilfe des EEG. die

Ortsbestimmung oder zumindest die Seitendiagnose gelingt. Wir skizzieren kurz einige Beispiele:

Bec. Tag der Untersuchung 18. 12. 45. Seit Juli 1942 generalisierte epileptische Anfälle, seit Oktober 1945 Kopfschmerzen. Befund: Stauungspapille beiderseits, sonst neurologisch o. B. EEG.: Li. frontal, parietal und temporal Alphaaktivierung und einzelne biphasische Krampfpotentiale. Operation: Mannsfaust-großes Astrocytom li. fronto-parietal.

Berg. Untersuchungstermin 5. 3. 46. Von Anfang 1944 bis Januar 1945 nächtliche Kopfschmerzen, seit 1 Jahr lediglich Schweregefühl im Kopf, in letzter Zeit Nachlassen der Merkfähigkeit. Befund: Stauungspapille re. von 2—3, li. von 4—5 Dioptrien. Zeitweilig Patellarsehnenreflex und Achillessehnenreflex li. Spur lebhafter als re. Psychisch unauffällig. EEG.: Deltawellen li. frontal und temporal. Operation: Linksseitiges Keilbeinmeningeom.

Nicht minder bemerkenswert sind jene Fälle, bei denen durch das EEG. die klinisch falsch gestellte Diagnose berichtigt werden kann. Bekanntlich kommen bei Großhirntumoren immer wieder einmal homolaterale Pyramidenbahnzeichen oder gar Paresen vor, die wahrscheinlich durch Kompression des Hirnschenkels der Tumorgegensseite am freien Rand des Tentoriumschlitzes bedingt sind und die Seitendiagnose in falsche Bahnen lenken.

Wir beschränken uns darauf, eine von 3 derartigen Beobachtungen kurz anzuführen.

Leif. Aufnahme in die Klinik am 15. 2. 44. Die Verwandten bemerkten in den letzten Monaten psychische Veränderungen; Pat. wurde gleichgültig, interestellos, vernachlässigte ihre Arbeit, während sie früher als sehr gewissenhaft galt. Eigene Angaben: Seit 1 Jahr Unsicherheit beim Gehen, insbesondere im Dunklen und Schwindelanfälle. Seit $\frac{1}{2}$ Jahr Stirnkopfschmerzen und gelegentlich Erbrechen. Befund: Leichte Schwellung beider Papillen li. mehr als re. Geringes Überwiegen der Eigenreflexe an den re. Extremitäten, leichte Dysdiadochokinese und Unsicherheit beim Finger-Nasenversuch re. Liquor regelrecht zusammengesetzt. Psychisch: Unaufmerksam, gleichgültig, stumpf und kritiklos. EEG.: Große langsame Deltawellen im Bereich des re. Stirnhirns, in stärkster Ausprägung fronto-basal; vereinzelt Deltawellen auch noch re. temporal. Ventrikulogramm: Basomedialer Tumor des re. Stirnhirns.

Zweckmäßigerweise schließen wir hier Fälle an, bei denen die klinische Seitendiagnose zutraf, während die Lokaldiagnose falsch war und erst mit Hilfe des EEG. gelang. Diese Situation lag vor bei 2 Fällen, bei denen ein Tumor der hinteren Schädelgrube zu vermuten war, während das EEG. einen Prozeß im Bereich der hinteren Hemisphärenabschnitte aufdeckte. Es ist vielleicht kein Zufall, daß beide Patienten sich im Kindesalter befanden.

Ta. 11 Jahre alt. Wegen rechtsseitiger Hypotonie und Fallneigung beim Romberg nach re. hatte man einen Tumor der re. Kleinhirnhemisphäre vermutet, zumal röntgenologisch ein ausgesprochener Wolkenschädel zur Darstellung gekommen war, und dem Rest einer Quadrantenhemianopsie keine genügende Bedeutung beigemessen. Es handelte sich nach EEG. und Operationsbefund um einen re. parieto-occipital gelegenen Tumor (Gliom).

Der 8jährige *Weiss.* war $2\frac{1}{2}$ Jahre lang internistischerseits wegen Leibschmerzen und Erbrechen behandelt worden. Erst ein plötzlich auftretender Bewußtseins-

verlust lenkte den Verdacht in Richtung einer ernsteren Erkrankung des Hirns. Es fand sich Schettern bei Beklopfen der li. Scheitelgegend, Sprengung der Kranznaht im Röntgenbild, Stauungspapille von 2 Dioptrien beiderseits und inkonstant am li. Arm und Bein eine Hypotonie sowie geringe Unsicherheit beim Finger-Nasenversuch. Cerebellar-ataktische Störungen fehlten. EEG.: Deltawellen über beiden Hemisphären mit maximaler Ausprägung li. parietal. Sektionsbefund: Großes Astrocytom des li. Stirn-, Schläfen- und Scheitellappens. Im Hinblick auf die Hypotonie der linken Gliedmaßen hatte man klinisch an einen Tumor der hinteren Schädelgrube gedacht, obgleich die Fahndung nach rumpf-ataktischen Störungen ergebnislos gewesen war. Das EEG. zeigte an, daß ein Tumor der li. Hemisphäre vorliegen mußte.

Da Hemisphärentumoren bei Kindern in manchen Fällen trotz erheblicher Größe erstaunlich geringe neurologische Störungen im Gefolge haben, wie auch PETTE hervorhebt, wird gerade hier das EEG. manchmal wichtige Aufschlüsse bringen.

Ferner kann der hirnelektrische Befund dann wertvoll sein, wenn in neurologischer Hinsicht nur geringfügige oder inkonstante Halbseitenerscheinungen auffindbar sind und erst durch den gleichzeitigen Nachweis kontralateraler EEG.-Störungen die Seitendiagnose gesichert wird. Ein Beispiel:

Bei der Pat. Lang. war durch die sehr charakteristischen Uncinatusanfälle von vorneherein die Aufmerksamkeit auf den Schläfenlappen gelenkt worden, es blieb aber klinisch unsicher, auf welcher Seite der Tumor lag, da als einzige Abwegigkeit ein geringes Überwiegen des li. Patellarsehnenreflexes festzustellen war. Nach dem EEG. konnte nur ein Tumor der re. Hemisphäre vorliegen, so daß sich nun durch Kombination von Anamnese, neurologischem Befund und EEG. die richtige Lokaldiagnose von selbst ergab.

Mit diesem Beispiel haben wir einen höchst wichtigen Punkt berührt: Das EEG. ist zwar, wie wir sahen, prinzipiell lokalisatorisch häufig nicht so verlässlich wie die chirurgisch-diagnostischen Methoden es sind, aber es liefert uns in vielen Fällen ein höchst wichtiges *zusätzliches* Symptom, das den durch Anamnese und Befund gegebenen Daten hinzugefügt, zur richtigen Diagnose hinleiten kann. Man muß in manchen Fällen EEG.-Befund und neurologisches Syndrom gleichsam kreuzen und wird am Schnittpunkt dann den Tumor lokalisieren können. Dabei kann die Situation sehr verschieden liegen: Es kommt etwa vor, daß psychische Störungen auf das Frontalhirn hinweisen, während das EEG., das schlecht abgrenzbare Deltawellen im Bereich der linken Hemisphäre zeigen mag — den richtigen Seitenhinweis gibt. Es kann aber auch umgekehrt die Lokaldiagnose vom EEG. her gelingen und die Seitendiagnose sich mehr auf den neurologischen Befund stützen, so etwa bei Frontalhirntumoren mit nicht deutlich seitenverschiedenen Deltawellen im Stirnhirnbereich aber unverkennbaren Halbseitenerscheinungen in neurologischer Beziehung. *Es kommt also darauf an, das EEG. in der jeweils gegebenen diagnostischen Situation an der richtigen Stelle einzufügen.* Das ist aber nur möglich auf Grund

hinreichender Erfahrungen über Intensität, Ausbreitung und Häufigkeit hirnelektrischer Veränderungen bei Tumoren verschiedener Art und Lokalisation.

Will man die Bedeutung des EEG. für die Tumorlokalisation kurz umreißen, so kann man schematisierend etwa folgende 5 Gruppen unterscheiden:

1. Tumoren, bei denen vorwiegend auf Grund einer charakteristischen Vorgeschichte und einer typischen neurologischen Symptomatologie schon klinisch eine sichere Lokaldiagnose möglich ist, während das EEG. oft keine Abwegigkeiten erkennen läßt. Dies kann der Fall sein bei manchen parasagittalen Meningeomen, Tumoren des Kleinhirnbrückenwinkels, des Cerebellums und der Hypophyse.

2. Geschwülste, die nach dem klinischen Syndrom unschwer zu lokalisieren sind und bei denen der positive EEG.-Befund lediglich die Diagnose bestätigt. Hier wären anzuführen linksseitige Stirnhirn- und Schläfenlappentumoren mit den typischen aphasischen Syndromen, Tumoren der Zentralregion und des Occipitallappens.

3. Tumoren, bei denen der neurologische Befund nur vage Hinweise gibt und erst durch die Gewinnung des EEG. die Seiten- oder Lokaldiagnose mit hinreichender Sicherheit gestellt werden kann, wie wir das bei Stirn- und Schläfenlappengeschwülsten mit angedeuteter VII und XII Parese und geringen Reflexdifferenzen erlebt haben.

4. Tumoren ohne jeden lokalisatorischen Hinweis nach Anamnese und Befund (sowie auch Fälle mit irreführenden Fernsymptomen), bei denen allein das EEG. eine mehr oder weniger genaue Lokalisation ermöglicht. Hier sind manche Stirnhirn- und Schläfenlappentumoren, besonders die rechts gelegenen zu nennen, ferner die erwähnten Hemisphärencheschwülste des Kindesalters.

5. Fälle, die weder auf Grund der üblichen klinischen Untersuchungen noch mit Hilfe des EEG. lokalisatorisch zu klären sind. Sie sind nicht häufig, doch gibt es einzelne diffus infiltrierend wachsende Gliome, bei denen alle neurologisch-diagnostischen Methoden versagen, auch das EEG., und nur Ventrikulographie und Arteriographie weiterführen können.

EEG. und Indikation zur Encephalographie.

Es gilt als Regel, bei den Tumoren mit deutlichen Stauungserscheinungen am Augenhintergrund — bei den Geschwülsten der hinteren Schädelgrube grundsätzlich auch ohne Hirndruckerscheinungen — die Encephalographie zu unterlassen und die etwa erforderliche Luftfüllung der Hirnkammern auf dem Wege der Ventrikulographie vorzunehmen. Vermutet man einen supratentoriellen Tumor und ist die

Prominenz der Papillen nur gering, so gilt aber gemeinhin die Encephalographie als ungefährlich und zulässig.

Da nach Abschnitt IV Beziehungen zwischen Intensität der Hirnswellung und EEG., wenn auch nicht im Sinne einer gradlinigen Abhängigkeit, so doch grundsätzlich nachweisbar sind, wäre zu prüfen, ob etwa das EEG. über die Verträglichkeit der Encephalographie eine Vorhersage ermöglicht.

Von unseren 72 Großhirntumoren sind 14 encephalographiert worden, größtenteils auf suboccipitalem Wege zum Teil aber auch durch lumbale Liquorentnahme.

Die EEG.-Befunde von 7 Fällen waren normal oder nur mäßig stark pathologisch, bei den restlichen Fällen bestand die Hirnaktion auf der Tumorseite dagegen aus langsamen Deltawellen großer Amplitude. In der erstgenannten Gruppe wurde die Encephalographie ohne Ausnahme gut vertragen, dagegen sind unter 7 Tumoren mit schwer pathologischem EEG. 2 etwa 24 Stunden nach der Luftfüllung eingetretene Todesfälle zu beklagen.

No. Aufnahme in die Klinik am 20. 11. 45, nachdem 5 Tage vorher apoplektiform eine Sprachstörung mit Halbseitenschwäche re. aufgetreten war. Befund: Papillen unscharf begrenzt, aber nicht prominent. Zunge weicht etwas nach re. ab, geringe Herabsetzung der groben Kraft im re. Arm und Bein, keine Reflexdifferenzen, Babinski beiderseits +, Hypästhesie im Bereich der gesamten re. Körperseite, amnestische Aphasie. Liquor: 8/3 Zellen, 1,5 Gesamteiweiß. EEG. vom 22. 11. 45: Langsame Deltawellen im Bereich der gesamten li. Hemisphäre. 6. 12.: Auf suboccipitalem Wege Encephalographie mit Entnahme von 95 cm³ Liquor, keine Luftfüllung des Ventrikelsystems. 7. 12.: Exitus letalis unter den Zeichen der Kreislaufschwäche. Sektionsbefund (Pathologisches Institut der Universität Göttingen): „Ausgedehntes Gliom des linken Scheitelhirns mit Nekrosen und starkem Ödem des angrenzenden Hirngewebes. Hochgradige Hirnswellung mit starker Kompression der Medulla oblongata im Bereich des Hinterhauptsloches. Starke Verdrängung des Ventrikelsystems nach re. Ausgesprochene frische konfluierende Herdpneumonie im re. Unterlappen und den rückwärtigen Abschnitten des Oberlappens.“

Dr. Einweisung in die Klinik am 15. 3. 46. Anamnese: Seit Sommer 1945 müde, energielos, oft den ganzen Vormittag im Bett, bei der Lektüre von schöner Literatur nicht mehr auffassungsfähig, erhebliche Gedächtnisschwäche. Früher lebensfroh und gesellig, jetzt zurückgezogen. Gelegentlich Kopfschmerzen, vorübergehend Zittern der Hände und Füße sowie Schwindelgefühl im Stehen. Befund: Geruchsvermögen beiderseits aufgehoben, angedeutete Unscharfe beider Papillen, leichter Intentionstremor beiderseits, inkonstanter Greifreflex li. Psychisch: Zeitlich und örtlich desorientiert, ängstlich verschlossen, hochgradig merkschwach. EEG.: Deltawellen im Gebiet beider Stirnhirne, li. deutlicher als re. Die Veränderungen reichen nach hinten etwa bis zur Kranznaht. 26. 3.: Encephalographie mit lumbaler Entnahme von 40 cm³ Liquor. In der darauffolgenden Nacht gegen 3 Uhr Exitus. Sektionsbericht: „Gänseigroßes Meningeom der Olfactoriusrinne, Schwellung der Hirnsubstanz. Alte produktive Spitzentuberkulose re. mit vereinzelt kleinen Streuungsherden im Unterlappen. Zustand nach alter linksseitiger Thorakoplastik mit starker Pleuraschwarte. Einige grobknotige produktive tuberkulöse Herde im li. Unterlappen.“

Wenn auch die Encephalographie von den restlichen 5 Tumorpacienten mit langsamen Deltawellen vertragen worden ist, so mahnen doch die geschilderten beiden Zwischenfälle zu größter Vorsicht hinsichtlich der Anwendung dieses Eingriffs bei Tumorträgern mit deutlichem Deltawellenbefund. Es ist zwar möglich, daß bei No. die Herdpneumonie zu dem unglücklichen Ausgang beigetragen hat und daß die Patientin Dr. durch die Lungentuberkulose in ihrer Resistenz geschwächt war. Nach den Sektionsprotokollen wird man aber kaum umhin können, in beiden Fällen für den Tod im wesentlichen die Hirnschwellung verantwortlich zu machen, die — nach dem klinischen Verlauf zu urteilen — im Anschluß an die Encephalographie rasch zugenommen haben dürfte. Es ist bekannt, daß der Liquordruck den Hirndruck bis zu einem gewissen Grade in Schach hält, so daß nach Luftfüllung der Hirnkammern die Hirnschwellung oft rapide zunimmt; der Neurochirurg schließt deshalb nach Möglichkeit die Operation unmittelbar an die Ventrikulographie an. Bei unseren Patienten No. und Dr. hat offenbar die Geringfügigkeit der Stauungserscheinungen am Fundus getäuscht und gegen eine stärkere Hirnschwellung gesprochen.

Unseres Erachtens legen diese bedauerlichen Erfahrungen im Zusammenhang mit unseren Anschauungen von der Pathogenese der Deltawellen beim Hirntumor die Aufstellung folgender Regel nahe: *Findet sich bei einem Hemisphärentumor im EEG. ein Deltawellenherd¹ größerer Ausdehnung, so sollte man mit der Encephalographie auch dann zurückhaltend sein, wenn keine oder nur eine angedeutete Stauungspapille nachweisbar ist.* Denn die Deltawellen machen wahrscheinlich, daß eine Hirnschwellung oder doch Schwellungsbereitschaft vorhanden ist, sie sind also ebenso zu werten, wie wenn eine Stauungspapille stärkeren Grades vorhanden wäre. Finden sich dagegen im EEG. keine Besonderheiten oder nur Zeichen einer geringen Dysfunktion der elektrischen Rindentätigkeit, so ist, sofern die Lokalisation auf anderem Wege nicht mit hinreichender Genauigkeit gelingt, gegen die Durchführung der Encephalographie nichts einzuwenden.

Differentialdiagnose zwischen Tumor und raumfordernden Prozessen anderer Art.

Sämtliche abnormen EEG-Phänomene sind durchaus unspezifische Reaktionsweisen bestimmter, mit periodischen Spannungsschwankungen verbundener biologischer Abläufe der Hirnzellen. Die Art des schädigenden bzw. komprimierenden Agens ist deshalb aus dem Bild der Hirnpotentiale nicht abzulesen.

Beim *Hirnabsceß* beispielsweise sind die Veränderungen des EEG. die gleichen wie beim Tumor, wie eigene Untersuchungen von

¹ Gemeint ist ein Herd mit langsamen Deltawellen in kontinuierlicher Folge.

10 Abscessen verschiedener Lokalisation gezeigt haben. Meist findet sich ein ausgesprochener Deltawellenherd, bei sehr chronischer Entwicklung kommen aber gelegentlich recht diffizile EEG.-Befunde vor, etwa *derart, daß die lokalen Störungen sich nur wenig von den diffusen abheben*. Die Absceßdiagnose als solche muß also allein auf Grund klinischer Daten (Anamnese, Körpertemperatur, Blutsenkungsgeschwindigkeit, Leukocytose, allgemeiner Kräfteverfall, hartnäckige Obstipation u. a. m.) gestellt werden, das EEG. kann nur für die Lokaldiagnose unter Umständen einen wichtigen Beitrag liefern. Praktische Bedeutung wird die hirnelektrische Untersuchung wahrscheinlich für die Diagnose des rechtsseitigen otogenen Temporalappenabscesses und der rhinogenen Stirnhirnabscesse gewinnen (siehe DUENSING und KIRSTEIN).

Unsere Erfahrungen über das EEG. bei *intrakraniellen Blutungen* sind zahlenmäßig noch zu gering, als daß allgemeine Aussagen möglich wären. Die Befunde von 4 subduralen Hämatomen waren recht uneinheitlich: Zwar fanden sich bei 2 Fällen im Hämatomgebiet Deltawellen, die beiden anderen boten dagegen nur sehr geringfügige EEG.-Störungen. Bei einem sehr ungewöhnlichen Fall von intracerebraler Blutung rechts temporo-occipital (14 Jahre altes Mädchen, 4 Monate vor der Einweisung bei einem Kopfstand plötzlich heftige Schmerzen über dem rechten Auge, seitdem fortwährend von Kopfweh geplagt; keine Hypertonie) zeigten langsame Deltawellen die Seite und annähernde Lokalisation des Prozesses aber natürlich nicht die Blutung als solche an.

Auch beim *Gumma* können die EEG.-Veränderungen ganz die gleichen sein wie beim Tumor. Während auch hier die Artdiagnose klinisch gestellt werden muß, kann das EEG. bei *Lues cerebri* unter Umständen in der Richtung einen Hinweis geben, daß trotz nachgewiesener Stauungspapille ein Hirntumor vermutlich nicht vorliegt. Wir haben 3 Patienten mit Papillitis infolge Lues cerebri hirnelektrisch abgeleitet, ohne daß im EEG. verwertbare Abwegigkeiten aufgefallen wären. Da beim Hemisphärentumor mit Stauungspapille sich im EEG. durchweg — von wenigen Ausnahmen abgesehen — Deltawellen finden, *deutet die Konstellation: Stauungspapille ohne Deltawellen in Richtung der entzündlichen Papillenschwellung, sofern eine Neubildung in der Kleinhirngrube klinisch unwahrscheinlich ist*. Es ist deshalb in diesen Fällen immer an die Lues cerebri zu denken.

Außer bei L. cerebri begegnet man dem Syndrom Stauungspapille ohne Deltawellen bei der sog. gutartigen *Encephalitis mit Stauungspapille* („Pseudotumor cerebri“). Wir haben 9 Fälle dieser Art untersucht, bei denen meistens die Papillen nur wenig prominent waren; die EEG.-Befunde entsprachen teils der Norm, bei stärkerer Prominenz

von 3—4 Dioptrien, wie sie einmal beobachtet wurde, fanden sich Deltawellen in annähernd symmetrischer Ausprägung, die aber nicht von so langsamer Frequenz und so großer Amplitude waren wie durchschnittlich bei Hemisphärentumoren mit gleich starker Vortreibung des Sehnervenkopfes. Da auch bei Tumoren im Hemisphärengebiet normale oder nur gering veränderte EEG.-Befunde vorkommen, wird man in der Differentialdiagnose zwischen gutartiger Encephalitis mit Stauungspapille und Geschwulst nicht auf das EEG. bauen dürfen, sondern in allen Fällen auch eine Ventrikelfüllung mit Luft vorzunehmen haben. Es können sonst schwerwiegende Fehldiagnosen unterlaufen.

Unter Umständen kann das EEG. auch einmal für die *Differentialdiagnose zwischen Paralyse und Tumor* mit herangezogen werden, wie wir in einem Falle erfahren haben: Eine nicht ausgesprochen apoplektiform aufgetretene sensorische Aphasie erweckte klinisch den Verdacht auf einen Schläfenlappentumor, zumal auch geringe Halbseitenerscheinungen nachweisbar waren. Das EEG. zeigte aber in Form seitengleicher Deltawellen eine schwere allgemeine Rindenstörung an, womit ein Hinweis in Richtung des diffusen Entzündungsprozesses gegeben war, zumal die Papillen scharf begrenzt erschienen. Die Liquoruntersuchung bestätigte diese Vermutung.

Zusammenfassung.

1. Die Arbeit hat die Untersuchung der Hirnaktion bei intrakraniellen Tumoren zum Ziel. Die Überprüfung von 72 supratentoriellen Geschwülsten ergab, daß das Elektrencephalogramm erheblich variieren kann: Nur bei etwa einem Viertel des Materials beschränkten sich die Störungen im Bild der Hirnpotentiale (Deltawellen, in Einzelfällen herdförmige Reduktion oder Aktivierung des Alphasrhythmus) ungefähr auf das Gebiet über dem Blastom. Relativ groß war die Zahl der Fälle mit Veränderungen des EEG. über der gesamten tumortragenden Hemisphäre; aber auch annähernd seitengleiche oder gar völlig bilateral symmetrische Ausbildung der trägen Schwankungen über der gesamten Schädelkonvexität wurde mehrfach beobachtet. Schließlich bot das EEG. von 6 Geschwülsten (darunter 3 parasagittale Meningeome) keine greifbaren Abwegigkeiten.

2. Für die Entstehung der mannigfaltigen hirnelektrischen Bilder sind wahrscheinlich eine Reihe von Faktoren maßgebend. Wir vermuten, daß durch die mit der Raumbeengung verbundene Durchblutungsminderung in der Hirnrinde bestimmte, mit elektrischen Erscheinungen verknüpfte Stoffwechselvorgänge in wechselnder Intensität und Extensität gestört werden. Die nicht seltene Ausbreitung der EEG.-Veränderungen über eine ganze Hemisphäre dürfte mit der Tatsache zusammenhängen, daß auch die Hirnschwellung oft nicht auf

die Umgebung des Tumors lokalisiert bleibt, sondern sich über die ganze gleichseitige Hirnhälfte ausbreitet. Beidseitige, über der gesamten Konvexität ableitbare Deltawellen hängen darüber hinaus vermutlich von der Beeinträchtigung der diencephalen Schlaf-Wachregulationszentren ab.

3. Auf Veränderungen der Hirnaktion auf der Tumorgegenseite wird kurz hingewiesen.

4. Eine Untersuchung der Beziehung zwischen EEG. und Papillenbefund — der als grober Maßstab für die Stärke der Hirnschwellung eingesetzt wurde — ergab, daß Tumoren mit Stauungspapille (57 Fälle) durchweg im EEG Deltawellen erkennen ließen; nur 3 Fälle machten hier eine Ausnahme. Häufiger ist dagegen das Zusammentreffen von normalem Fundus mit Deltawellen, eine Symptomenverbindung, die darauf hindeutet, daß im Rahmen der beginnenden Dekompensation des endokraniellen Kreislaufs unter Umständen die Durchblutungs-drosselung in der Rinde eher zu Abwandlungen des EEG. führt, als daß auf Grund der Behinderung des venösen Abflusses im Mark — entsprechend der Theorie von TÖNNIS — die Hirnschwellung sich entwickeln oder bis zum Opticus vordringen könnte.

5. Die Annahme, daß die Veränderungen der Hirnaktion nur indirekt mit dem Tumor zusammenhängen, bestätigte sich bei der Untersuchung topographischer Verhältnisse. Die Distanz der Tumoroberfläche zur Rinde ist für die Entwicklung pathologischer Potentiale ohne Bedeutung; auch tief subcortical oder gar im Stammganglien-gebiet gelegene Geschwülste können ausgedehnte EEG.-Störungen im Gefolge haben; andererseits bleibt bisweilen bei oberflächennah lokalisierten Neubildungen die Hirnaktion intakt. Auch die Größe des Blastoms ist aus dem hirnelektrischen Bild nicht abzuschätzen.

6. Über die Geschwulstart gibt das EEG. keine Aufschlüsse; lediglich langsam wachsende Tumoren des Fronto-Zentralgebiets scheinen relativ charakteristische Abwandlungen des BERGER-Rhythmus mit sich zu bringen.

7. Bei Tumoren der hinteren Schädelgrube sind lokale Störungen der Hirnaktion nur ausnahmsweise nachweisbar; wohl aber kommen — offenbar infolge einer durch den Hydrocephalus internus occlusus bedingten Schädigung der diencephalen Zentren der Wach-Schlafregulierung oder der Rinde — seitengleiche Deltawellen im Bereich der Konvexität vor.

8. Zwischen EEG. und Liquorbefund scheint insofern eine gewisse Korrelation zu bestehen als bei Geschwülsten mit fehlenden oder geringen Abwegigkeiten in der Hirnaktion der Liquor in der Regel von normaler Beschaffenheit zu sein pflegt. Diskrepanzen zwischen EEG. und Zusammensetzung der Cerebrospinalflüssigkeit erklären

sich vermutlich damit, daß für die letztere der Zustand der Plexus- und Meningealgefäße entscheidend ist, der nicht immer dem Verhalten der Rindendurchblutung parallel läuft, von welcher das EEG. abzuhängen scheint.

9. Im letzten Abschnitt werden praktisch diagnostische Gesichtspunkte berührt; so wird auf die Differentialdiagnose zwischen supra- und infratentoriell gelegenen Tumoren, auf die Verwendung des EEG. für die Lokalisation von Großhirngeschwülsten und in der Differentialdiagnose zwischen Tumor und raumfordernden Prozessen anderer Art eingegangen. Es wird betont, daß das EEG. allein grundsätzlich keine Diagnose liefern kann, sondern nur eine die klinischen Daten abrundende und ergänzende Methode darstellt; die Zahl der Fälle, bei denen es den entscheidenden diagnostischen Baustein liefert, ist aber durchaus nicht gering. Das EEG. kann auch zur Lösung von Problemen der allgemeinen Tumorpathologie beitragen.

Literatur.

ADRIAN: Zit. nach KORNMÜLLER (2). — BANNWARTH: Arch. Psychiatr. (D.) **104**, 292; **107**, 61 (1936/38). — BEHR: Zit. nach ENGEL. — BERGER: Arch. Psychiatr. (D.) **94**, 45 (1931). — CASE and BUCY: J. Neurophysiol. **1**, 245 (1938). — DUENSING: (1) Z. ges. Neur. **169**, 471 (1940). — (2) Dtsch. Z. Nervenhk. **159** (1948). — (3) Nervenarzt **19**, 544 (1948). — DUENSING u. KIRSTEIN: Nervenarzt **20**, 20 (1949). — ENGEL: Fsch. Neur. **4**, 372 (1932). — EWALD: Abschnitt Neurologie in AULER-MARTIUS, Diagnose der bösartigen Geschwülste. München: J. F. Lehmann. — FOERSTER u. ALTENBURGER: Dtsch. Z. Nervenhk. **135**, 277 (1935). — HÄUSLER: Zbl. Neurochir. **2**, 247, 328 (1937). — JÖRNS: Zbl. Neurochir. **2**, 58 (1937). — JUNG: (1) Nervenarzt **12**, 583 (1939); (2) **14**, 57, 104 (1941). — KORNMÜLLER: (1) Zbl. Neurochir. **5**, 75 (1940). — (2) Arch. Psychiatr. (D.) **116**, 608 (1943). — (3) Einführung in die klinische Elektrencephalographie. München-Berlin: J. F. Lehmann 1944. — (4) Die Elemente der nervösen Tätigkeit. Leipzig: Georg Thieme 1947. — MARCHE-SANI u. SPATZ: Zit. nach ENGEL. — PERRET: Arch. Psychiatr. (D.) **112**, 385 (1939). — PERRET u. SELBACH: Arch. Psychiatr. (D.) **112**, 441 (1939). — PETTE: Z. Neur. **161**, 10 (1938). — SCHIECK: Zit. nach ENGEL. — SORGO: Zbl. Neurochir. **5**, 135 (1940). — TÖNNIES: Dtsch. Z. Nervenhk. **135**, 286 (1935). — TÖNNIS: Z. Neur. **161**, 114 (1938). — TÖNNIS, RIESSNER u. ZÜLCH: Zbl. Neurochir. **5**, 1 (1940). — WALTER: Lancet **1936**, 305. — Proc. roy. Soc., Lond. **30**, 579 (1937). — WEISS: Zit. nach PETTE. — WILLIAMS and GIBBS: Arch. Neur. (Am.) **41**, 519 (1939).

Prof. Dr. FRIEDRICH DUENSING, (20b) Göttingen, Geiststr. 11.