

Die 4—5/sec EEG-Grundrhythmusvariante im Schlaf und nach Contusio cerebri

W. KUHLO

Neurologische Klinik mit Abteilung für Neurophysiologie Universität Freiburg i. Br.
(Prof. R. JUNG)

Eingegangen am 17. April 1967

Die Diskussion um die Entstehung und Bedeutung des 4—5/sec-Rhythmus über den occipito-temporalen Hirnregionen ist noch nicht zur Ruhe gekommen. Anfängliche Widersprüche beruhen nicht zuletzt auf einer mangelnden phänomenologischen Abgrenzung, und darauf, daß Auslesefaktoren unberücksichtigt blieben. Die zuerst von PITOT u. GASTAUT [9] geäußerte Meinung, daß eine Beziehung dieser Variante zu Schädeltraumen und diencephalen Schädigungen besteht, wird heute mehr und mehr verlassen. Statt dessen sind genetische Überlegungen nach Befunden an eineiigen Zwillingen und Geschwistern von Merkmalsträgern in das Blickfeld gerückt [12]. Die von VOGEL [12] zunächst vermutete autosomal rezessive Erbllichkeit ist aber noch nicht bewiesen und bedarf weiterer Familienuntersuchungen. Hierüber soll an anderer Stelle berichtet werden. Die Möglichkeit einer Phaenokopie und psychische Auffälligkeiten einiger Merkmalsträger geben weitere Probleme auf.

Während über die Beziehungen zu Kopftraumen und psychischen Auffälligkeiten mehrere Mitteilungen vorliegen [1, 6, 7, 9—11], gibt es bisher noch keine Untersuchungen über traumatische Veränderungen der Variante. Wir konnten einen Merkmalsträger zufällig wenige Tage nach einer Contusio cerebri untersuchen und das Verhalten von Alparhythmus und der 4—5/sec-Variante verfolgen.

Wiederholt wurde die Meinung geäußert, daß die 4—5/sec Rhythmen an Vigilanzminderungen geknüpft sind [2], andererseits fiel schon früher auf, daß sie im Schlaf verschwinden [8]. Wir sind dieser Frage bei einem eineiigen Zwilling näher nachgegangen. Beide Zwillinge boten eine typische 4—5/sec-Variante¹.

Methodik

Die Untersuchungen wurden mit 8kanäligen Schwarzer-Geräten durchgeführt. Für die Registrierung subjektiver Bewußtseinsveränderungen hatte in Fall 2 die Versuchsperson die Möglichkeit, mit einer einfachen Eich taste Signale auf einen

¹ Über diese Fälle wird im Zusammenhang mit Familienuntersuchungen an anderer Stelle ausführlich berichtet.

Kanal zu geben. Zur Bestimmung der Reaktionszeiten wurden Einzellichtreize mit dem Stroboskop gegeben, die mit einer Photozelle über einen EEG-Kanal registriert wurden, und die von der Versuchsperson mit der Eichtaste beantwortet werden mußten. Die Latenzen wurden anhand der aufgezeichneten Kurve gemessen. Außer Untersuchungen am Tag wurden in Fall 2 Ableitungen des Nachtschlafes durchgeführt. Es wurden alle Schlafstadien einschließlich der paradoxen Phase untersucht. Neben dem EEG wurden dabei die Augenbewegungen und das EMG mit Hautelektroden vom M. mentalis registriert. Für die Berechnung der Frequenzen des Alparhythmus und der Grundrhythmusvariante wurden jeweils 50 Intervalle eines fortlaufenden Kurvenstückes gemessen und die Streuung berechnet.

Untersuchungen

a) *Contusio cerebri*

Fall 1, (geb. 1947) ist ein 17-jähriger junger Mann. Geburt und frühkindliche Entwicklung normal. In der Volksschule einmal repetiert. Im Vergleich zu seinen beiden jüngeren Brüdern ist er deutlich unterbegabt und antriebsvermindert. Am 11. 4. 1964 stürzte er mit dem Fahrrad auf abschüssiger Straße und erlitt eine Contusio cerebri mit ca. 3-stündiger Bewußtlosigkeit, zweitägiger Kontusionspsychose und retrograder Amnesie für einen halben Tag. Bei der Untersuchung am 29. 4. 1964 ist der Pat. noch deutlich verlangsamt, schwerbesinnlich, affektlabil und euphorisch. Neurologisch besteht eine Gang- und Standataxie. Die Röntgenaufnahmen des Schädels sind normal.

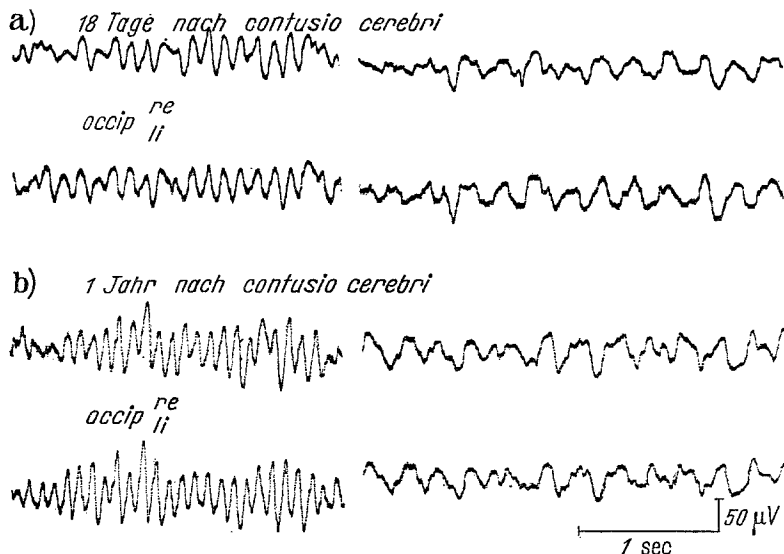


Abb. 1. Fall 1. Unveränderte 4/sec-Variante bei verlangsamt Alparhythmus nach Hirnkontusion. Links Alphawellen, rechts 4/sec-Wellen von den gleichen Ableitungen (occipital gegen gleichseitiges Ohr) bei a 29. 4. 1964 (Nr. 1096/64) 18 Tage, b 22. 4. 1965 (Nr. 1200/65) 1 Jahr nach Contusio cerebri. Beschleunigung des Alparhythmus von 8—9 sec auf 10—11/sec bei gleichbleibender Frequenz des 4/sec-Rhythmus

Im EEG findet sich ein symmetrischer, regelmäßiger $8-9/sec-\alpha$ -Rhythmus (durchschnittliches Intervall der Alphawellen $0,12\text{ sec}$, $sd = 0,01$, $N = 50$) occipital bis temporal, der in typischer Weise nach unterschiedlich langem Intervall nach Augenschluß von einem $4/sec$ -Rhythmus abgelöst wird (durchschnittliches Intervall der Variante $0,24\text{ sec}$, $sd = 0,03$, $N = 50$). Durch Geräusche, Augenöffnen und andere Reize wird der $4/sec$ -Rhythmus leicht blockiert. Bei Hyperventilation treten vermehrt unregelmäßige Zwischenwellen besonders temporo-basal auf. Kein Herdbefund.

Bei einer Nachuntersuchung am 22. 4. 1965 ist der neurologische Befund normalisiert. Der Patient ist nicht mehr verlangsamt, fällt aber zu Hause durch vermehrte Reizbarkeit auf. Die Merkfähigkeit ist herabgesetzt. Die Lehre als Koch wurde inzwischen abgebrochen. Im Intelligenztest zeigt sich eine Minderbegabung.

Das EEG zeigt jetzt eine *Beschleunigung des Alpharhythmus auf $10-11/sec$* (durchschnittliches Intervall der Alphawellen $0,09\text{ sec}$, $sd = 0,007$, $N = 50$). Der $4/sec$ -Rhythmus ist in gleicher Weise ausgeprägt wie 1 Jahr zuvor und zeigt im Mittel *keinen Frequenzunterschied* (Intervall der Variante im Durchschnitt $0,24\text{ sec}$, $sd = 0,025$, $N = 50$) siehe Abb. 1.

b) Ermüdung und Schlaf

Fall 2 EZ a. (geboren 1940) ist eineiiger Zwilling von Fall 3 EZ b. Geburt und frühkindliche Entwicklung normal. Gute Intelligenz. Mit 24 Jahren nach Schlafentzug und Alkoholexzess ein einmaliger großer *cerebraler Anfall*. In der Luftencephalographie geringe Erweiterung der Seitenventrikel und handschuhförmige Ausstülpung der beiden Außenkanten beider Cellae mediae. Leidet an gelegentlichen, meist in der Entspannung auftretenden, leichten unsystematischen Myoklonien im Schultergürtelbereich, die asymmetrisch, asynchron und ohne Bewegungseffekt erscheinen. Sonst ist der neurologische Befund normal. Im EEG typische $4/sec$ -Grundrhythmusvariante, die mit ziemlicher Penetranz auftritt, aber in typischer Weise durch äußere Reize störrisch ist, wobei eine relativ rasche Adaptation bei gleichförmigen Reizen einsetzt. Das EEG-Bild ist das gleiche wie bei dem Zwilling Bruder und von diesem praktisch nicht unterscheidbar (Abb. 2).

Fall 3 EZ b. ist eineiiger Zwilling von Fall 2 EZ a. Geburt und frühkindliche Entwicklung normal. Gute Intelligenz (von Beruf Journalist). Keine cerebralen Anfälle. Normaler neurologischer Befund. Wie Fall 2 EZ a meist in Entspannung auftretende, leichte, unsystematische Myoklonien im Schultergürtelbereich. Im EEG typische $4/sec$ -Grundrhythmusvariante (siehe Abb. 2).

Abb. 3 zeigt das Verhalten der $4/sec$ -Variante im *Einschlafstadium*. Der Alpharhythmus verschwindet für 4 sec und wird durch akustische Reize reaktiviert. Subjektiv besteht das Gefühl leichten Eindönsens. Derartige Phasen mit Abflachen des Alpharhythmus wurden von der

Abb. 2. Gleiche $4/sec$ -Variante bei eineiigen Zwillingen (Fall 2 und 3). EZ a (Fall 2) Grundrhythmusvariante bei vorwiegenden Alphawellen occipital. $4/sec$ -Wellen überwiegen in den anderen Ableitungen, meistens temporal vom Ohr stammend.

EZ b (Fall 3) entsprechendes EEG des Zwillingbruders

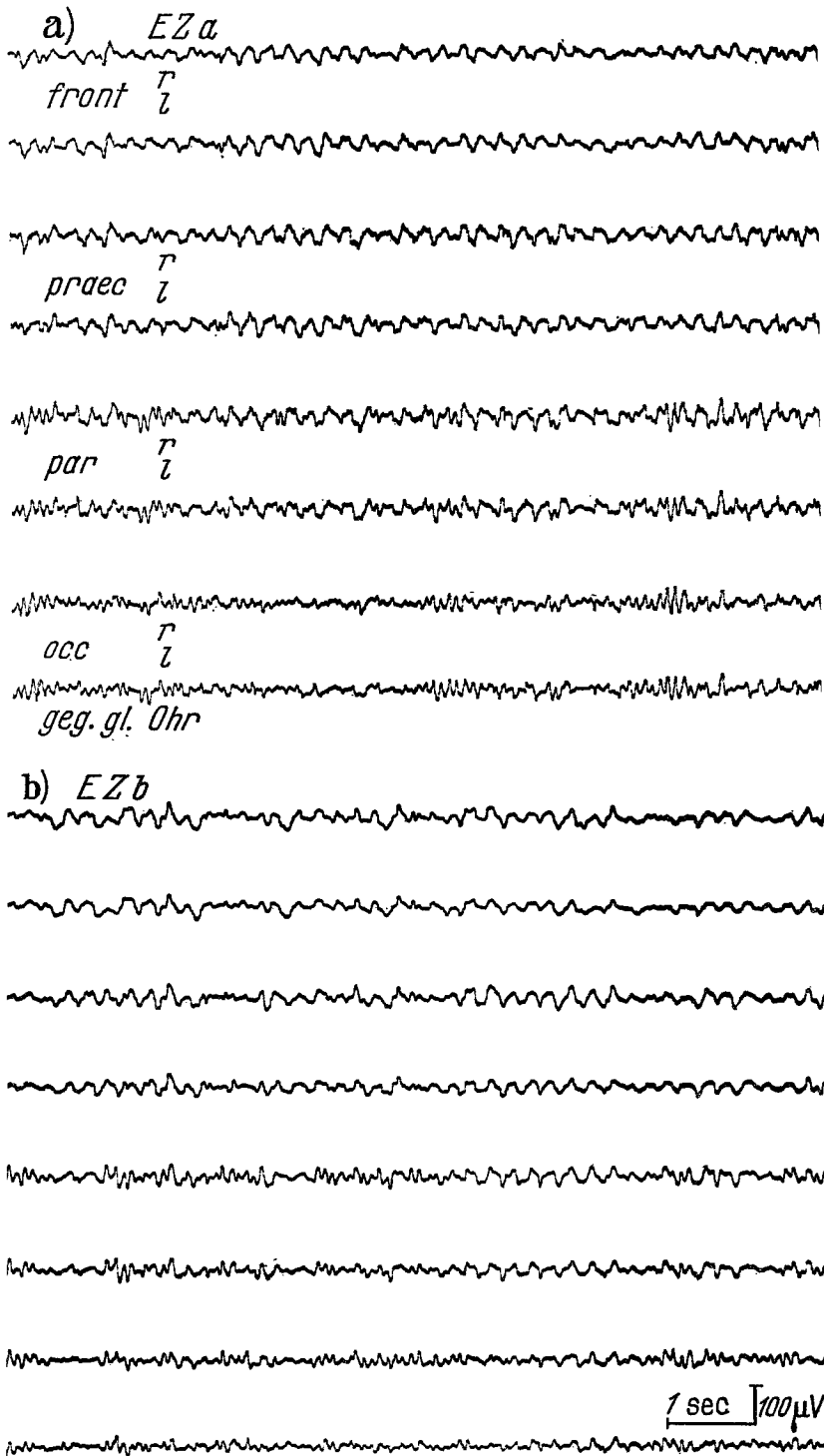


Abb. 2a und b. (Legende siehe S. 70)

Versuchsperson bemerkt und konnten anschließend signalisiert werden. In dieser Bewußtseinssituation trat bis zu 10 min bei einem Wechsel von Alpharhythmus und Abflachung der 4/sec-Rhythmus nicht mehr auf. Nur bei akustischer Reizung oder nach Augenöffnen kamen im Anschluß an eine paradoxe Alphaaktivierung vereinzelt 4/sec-Wellen vor. Dann konnte gelegentlich ein direkter Übergang aus 4/sec-Rhythmus in die

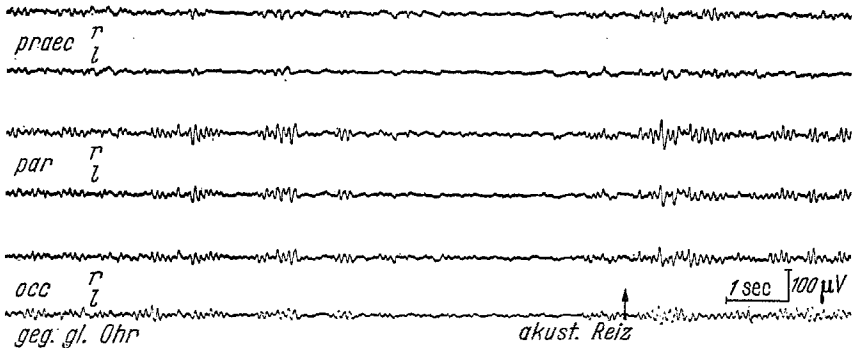


Abb. 3. Fall 2. Einschlafstadium B mit Verschwinden der 4/sec-Wellen und paradoxer Alphaaktivierung durch akustischen Reiz. Während 4 sec verschwindet der Alpharhythmus. Das Wach-EEG (Abb. 2a) zeigt dagegen fast kontinuierliche 4/sec-Wellen parietal präcentral gegen Ohr

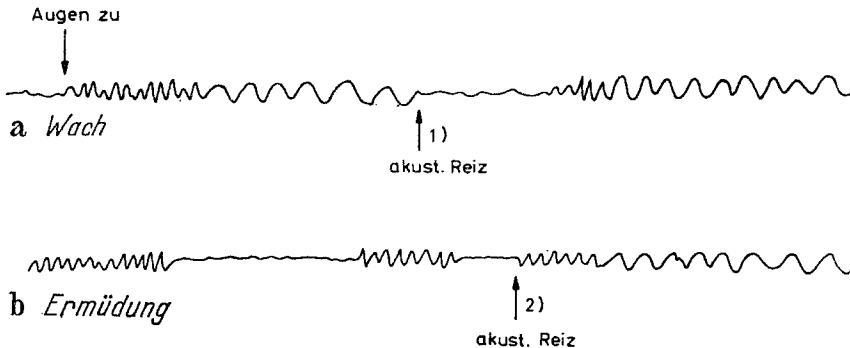


Abb. 4. Schema der Erscheinungsbedingungen der 4/sec-Grundrhythmusvariante. a Wachzustand. Nach Augenschluß (\downarrow) zunächst Alpharhythmus, nach einigen Sekunden Übergang in 4/sec-Wellen. Bei akustischem Reiz (\uparrow_1) Blockierung des 4/sec-Rhythmus. b Während Ermüdung Wechsel von Alpharhythmus und Abflachung ohne 4/sec-Wellen. Erst nach „Wecken“ durch akustischen Reiz (\uparrow_2) paradoxe Alphaaktivierung und anschließend Übergang in 4/sec-Rhythmus

Abflachung des B-Stadiums beobachtet werden. In Abb. 4 sollen die Erscheinungsbedingungen des 4/sec-Rhythmus schematisch dargestellt werden. Ebenso konnte der Übergang in das Schlafstadium C und in tiefere Schlafstadien in einem Nachtschlafversuch verfolgt werden, ohne

daß ein 4/sec-Rhythmus wieder erschien. Im REM-Stadium (paradoxe Schlaf) kehrte der 4/sec-Rhythmus auch dann nicht wieder, wenn interkurrent eine kurze „Erwachen“ mit Wiederkehr von Alphawellen und Muskelpotentialen im EMG des M. mentalis auftrat. Nach dem Aufwachen um 2.30 Uhr war die Versuchsperson zunächst noch schläfrig. Strecken mit Alparhythmus wechselten mit Abflachung und unregelmäßigen, über den vorderen Hirnregionen betonten Zwischenwellen. Erst nachdem die Versuchsperson durch intensives Ansprechen und unter Lichteinwirkung vollends wach wurde und alle Schläfrigkeit abgeschüttelt hatte, erschien bei Augenschluß nach einer Folge von Alphawellen die Variante in typischer Weise wieder.

EEG-Strecken mit Abflachung des Alparhythmus konnten von Fall 2 nachträglich signalisiert werden, wie es früher bei gesunden Versuchspersonen beschrieben wurde [3]. Dagegen gelang es nicht, ihn darauf zu konditionieren, Strecken mit 4/sec-Folgen zu melden. Die 4/sec-Perioden wurden also nicht wie die EEG-Abflachungen in der Ermüdung als verminderte Wachheit empfunden. Strecken mit Alparhythmus und 4/sec-Folgen unterschieden sich subjektiv in keiner Weise und waren insbesondere nicht mit Bewußtseinsminderungen verknüpft.

Die *Reaktionszeiten* auf Einzelblitze während Alparhythmus und 4/sec-Rhythmus waren ohne statistisch signifikanten Unterschied. Die durchschnittliche Reaktionszeit während Alparhythmus betrug 204 msec ($sd = 34$ msec) $N = 72$, während 4/sec-Rhythmus 200 msec ($sd = 25$ msec) $N = 62$. Während Strecken mit Wechsel von Alparhythmus und Abflachung ohne 4/sec-Wellen war die Reaktionszeit auf durchschnittlich 373 msec verlängert ($sd = 174$ msec, $N = 70$).

Diskussion

VALLAT u. Mitarb. [11] und neuerdings SCHERZER [10] haben darauf hingewiesen, daß der posteriore 4–5/sec-Rhythmus eine große Konstanz zeigt und gegenüber kontusionellen oder epileptischen Veränderungen im EEG relativ unempfindlich ist. Während sich sonst kontusionelle EEG-Veränderungen durch ihre Rückbildungstendenz auszeichnen [5] und epileptische Veränderungen durch ihre Variabilität, scheint der 4/sec-Rhythmus in seiner Uniformität auffällig *stabil* zu sein. PETERSÉN u. SÖRBYE [8] und wir [3] haben einzelne Fälle über 10 Jahre beobachtet und eine gleichmäßige Persistenz der Variante gefunden. Neuerdings wurde jedoch diskutiert, ob die Penetranz im höheren Lebensalter abnimmt [3].

Die Verlangsamung des Alparhythmus nach kontusionellen Hirnschäden ist ein geläufiger Befund und bei Erwachsenen oft ein wichtiges Kriterium für die Diagnose einer Substanzschädigung [5]. Unsere Befunde zeigen, daß die 4/sec-Variante an dieser Eigenschaft des Alpha-

rhythmus auf allgemeine cerebrale Schädigungen mit einer Verlangsamung zu reagieren offensichtlich nicht teilnimmt. Obwohl sich die Variante in verschiedenen Hinsichten sonst wie ein Grundrhythmus verhält (nach Lokalisation, Blockierbarkeit etc.), besteht hinsichtlich der Empfindlichkeit gegenüber allgemeinen cerebralen Funktionsstörungen anscheinend eine Ausnahme. Es fehlen allerdings noch Befunde über das Verhalten der Variante bei frischen Hirntraumen mit stärkeren Allgemeinveränderungen im EEG.

Die Störbarkeit des 4–5/sec-Rhythmus, vor allem seine Blockierbarkeit durch Augenöffnen, die er mit dem Alpharhythmus gemeinsam hat, ist stets beobachtet worden. Gegenüber Geräuschen, Flackerlicht und jeder Art Aufmerksamkeitsreaktionen besteht eine große Empfindlichkeit. Hierauf haben besonders VOGEL u. GOETZE [12] hingewiesen. Man könnte danach vermuten, daß das Auftreten des 4/sec-Rhythmus an Vigilanzschwankungen gebunden sei. Dies ist dann auch von COURJON [2] und PETERSÉN u. Mitarb. [8] ausgesprochen worden. PETERSÉN stellte aber schon fest, daß der 4–5/sec-Rhythmus im Schlaf verschwindet. Wenn der Rhythmus an eine einfache Vigilanzminderung gebunden wäre, müßte man erwarten, daß der Übergang aus einem Stadium A in ein Schlafstadium B über eine Phase mit 4/sec-Rhythmus erfolgen würde, mit anderen Worten, daß die Abflachung der EEG-Wellen aus einem 4/sec-Rhythmus hervorgeht. Unsere Befunde zeigen aber, daß in der Phase der leichten Vigilanzminderung stets ein Wechsel zwischen Alpharhythmus und Abflachung erfolgt, und daß der 4/sec-Rhythmus erst dann wieder erscheint, wenn die Versuchsperson aus der Einschlafbereitschaft und ihren Bewußtseinsschwankungen herausgerissen wird. Auch die gleichen Reaktionszeiten sprechen gegen einen Vigilanzunterschied zwischen Alpharhythmus und 4/sec-Variante. Das Erscheinen des 4–5/sec-Rhythmus ist im Gegenteil an ein waches Bewußtsein gebunden.

Die Empfindlichkeit gegenüber äußeren Reizen und die Abhängigkeit von psychischer Entspannung einerseits und andererseits die Empfindlichkeit gegenüber Vigilanzminderung läßt den 4–5/sec-Rhythmus nicht ohne weiteres wie etwa den Alpharhythmus in das Schema einer polaren Bewußtseinsstruktur [13] einordnen. Es müssen andere Faktoren für seine aktuellen Erscheinungsbedingungen gesucht werden.

Zusammenfassung

Bei 2 Merkmalsträgern wurde die 4–5/sec Grundrhythmusvariante im EEG nach *Contusio cerebri* und während Schlaf und Ermüdung untersucht. Der 4–5/sec-Rhythmus zeigte im Gegensatz zu einer Verlangsamung des Alpharhythmus um 2/sec 18 Tage nach einer schweren *Contusio cerebri* keine Veränderung der Frequenz. Während oberflächlicher Einschlafstadien bei einem Wechsel von Abflachung und Alpharhythmus

sowie in tieferen Schlafstadien einschließlich der REM-Phasen erscheint der 4/sec Rhythmus nicht mehr. Die Reaktionszeiten während Alpha-rhythmus und 4/sec-Variante sind gleich. — Die Befunde sprechen für eine relative *Stabilität der 4—5/sec-Variante im Vergleich zum Alpha-rhythmus* gegenüber allgemeinen cerebralen Funktionsstörungen und *gegen die Annahme einer Vigilanzminderung als Voraussetzung für das Erscheinen der 4/sec-Rhythmen.*

Literatur

1. AIRD, R. B., and Y. GASTAUT: Occipital and posterior electroencephalographic rhythms. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* **11**, 637—656 (1959).
2. COURJON, J.: Disc. Conf. de l'institution internationale d'études supérieures en électroencéphalographie humaine. Marseille 1964.
3. KUHLO, W., H. HEINTEL, E. REICHENMILLER u. F. VOGEL: Familienuntersuchungen bei 4—5/sec Grundrhythmusvariante. Deutsche EEG-Gesellschaft München, 26.—29. 4. 1967. Erscheint in *Zbl. ges. Neurol. Psychiat.* 1967.
4. —, u. D. LEHMANN: Das Einschlafleben und seine neurophysiologischen Korrelate. *Arch. Psychiat. Nervenkr.* **205**, 687—716 (1964).
5. MEYER-MICKELEIT, R.: Das Elektrencephalogramm nach gedeckten Kopfverletzungen. *Dtsch. med. Wschr.* **78**, 480—484 (1953).
6. NAYRAC, P., et M. BEAUSSART: A propos des rythmes à 4 c/s postérieurs chez les anciens traumatisés crâniens. *Rev. neurol.* **94**, 849 (1956).
7. PETERSÉN, I., and R. SÖRBYE: Slow posterior rhythm in adults. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* **13**, 320 (1961).
8. — — Slow posterior rhythm in adults. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* **14**, 161—170 (1962).
9. PITOT, M., et Y. GASTAUT: Aspects électroencéphalographiques inhabituels des séquelles des traumatismes crâniens: II Les rythmes postérieurs à 4 cycles-seconde. *Rev. neurol.* **94**, 189—191 (1956).
10. SCHERZER, E.: Über die gutachtliche Wertung des 4/sec-Rhythmus nach Schädeltraumen. *Psychiat. et Neurol. (Basel)* **150**, 8—20 (1965).
11. VALLAT, J. N., et J. M. LEPETIT: Présentations de tracés de traumatismes crâniens avec rythmes postérieur à quatre cycles-secondes. Notions sur les caractères évolutifs. Quelques réflexions à propos de l'expertise. *Rev. neurol.* **96**, 551—552 (1957).
12. VOGEL, F., u. W. GÖTZE: Familienuntersuchungen zur Genetik des normalen Elektrencephalogramms. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **178**, 668—700 (1959).
13. ZUTT, J.: Über die polare Struktur des Bewußtseins. Durch psychiatrische Erfahrungen mit Pervitin angeregte Gedanken. *Nervenarzt* **16**, 145—162 (1943).

Dr. W. KUHLO

Neurologische Klinik und Abteilung für
Neurophysiologie der Universität
78 Freiburg i. Br., Hansastr. 9