

Aus dem Institut für Experimentelle Pathologie der Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg (Direktor: Professor Dr. med. Franz Palme)

Die Frequenz-Amplituden-Beziehungen der schnellen Schwankungen des Elektrencephalogramms*

Von
K. H. PLISCHKE

Mit 3 Textabbildungen

(Eingegangen am 10. November 1957)

Im EEG des Menschen findet man neben α - und β -Wellen auch Schwankungen höherer Frequenzen (bis 600 bzw. 1000 Hz). Jedoch werden normalerweise, zum Teil aus technischen Gründen, nur die Frequenzen bis etwa 45 Hz zur Beurteilung des EEG's herangezogen. Bei der Konstanz, mit der die schnelleren Potentialschwankungen beobachtet werden können, gewinnt die Beantwortung der Frage an Bedeutung, ob diese Schwankungen cerebraler Genese sind. Während PRAWDITSCH-NEMINSKY, GEMELLI, SPIELBERG, FRANKE und KOOPMAN und ROHRACHER (1935, 1942) auch schnelle Schwankungen über 50 Hz zum EEG rechnen, halten die meisten Autoren diese Potentialschwankungen für Störschwankungen oder Muskelaktions- bzw. Muskelruhepotentiale.

Schon in früheren Beobachtungen fanden wir, daß Höhe und Dauer der α -, β - und δ -Wellen in gesetzmäßiger Beziehung zueinander stehen. Deshalb versuchten wir mit Hilfe dieser Frequenz-Amplituden-Beziehung Anhaltspunkte für die encephale Genese der schnelleren Schwankungen des EEG's zu gewinnen.

Das EEG wurde mit Hilfe eines Differential-Verstärkers (Fa. W. Viehweger, Leipzig) bei linearer Verstärkung eines genügend breiten Frequenzbandes über einen Kathodenstrahlzosillographen bei verschiedenen Filmgeschwindigkeiten (3—500 cm/sec) auf Fluorapidfilm fortlaufend registriert. Ausgewertet wurden auf den Aufnahmen Strecken, die einer fünfel Sekunde entsprechen. Ausgemessen wurde jede Potentialschwankung (auch jede überlagerte) nach Dauer (Frequenz) und Amplitude.

Abb. 1 zeigt zwei EEG-Ableitungen und eine Schienbeinableitung. Man erkennt schnelle Schwankungen bis 600 Hz (bei Vergrößerung sogar bis etwa 1000 Hz) den α -Wellen (Aufn. a) und β -Wellen (Aufn. b) überlagert, teilweise zwischen α - und β -Wellen eingeschoben. Die Beinableitung (Aufn. c) gibt einen Begriff vom Stör- und Rauschpegel, dessen Schwankungen eindeutig niedriger sind als die schnellen Schwankungen des EEG's. Dieser Störpegel der Schienbeinableitung stimmt gut überein

* Eine Mitteilung zusätzlicher, auch am Tier gewonnener Versuchsergebnisse erfolgte in der Z. ges. inn. Med., S. 1063—1073 (1957).

mit dem Stör- und Rauschpegel, den wir auch bei Ableitungen an anderen biologischen Objekten (z. B. Nervenableitungen) mit dem gleichen Verstärker beobachten können.

In Abb. 2 sind auf einem doppellogarithmischen Ordinatensystem die Dauer (Frequenz) und Amplitude (μ V) jeder einzelnen Schwankung einer

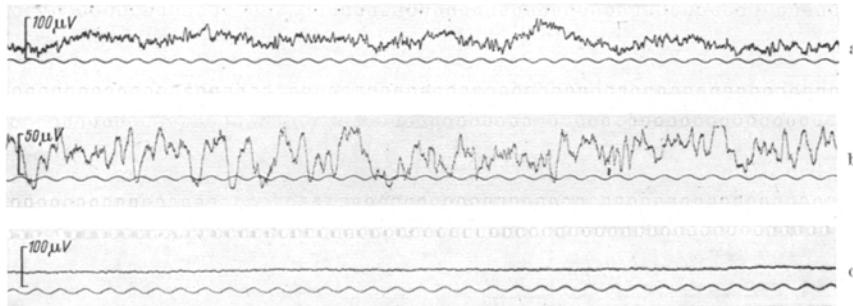


Abb. 1. Verschiedene Kopfableitungen mit schnellen Potentialschwankungen. a Niedrige α -Wellen, von β -Wellen und schnellen Schwankungen überlagert. Unipolare frontale Ableitung links gegen Ohr bei offenen Augen. VP.: Kr. — Vers. Nr. 44 v. 23. 5. 1955. — b Schnelle Schwankungen zwischen den β -Wellen und diese überlagernd. Fronto-frontale Ableitung bei offenen Augen. VP.: Th. — Vers. Nr. 18 v. Juni 1954. — c Stör- und Rauschpegel einer Schienbeinableitung, handbreit unterhalb der Kniestiebele. Elektrodenabstand etwa 3 cm. VP.: Pl. — Vers. Nr. 8 v. 7. 5. 1954.
In allen Aufnahmen: Obere Grenzfrequenz des Verstärkers: 1500 Hz. — Untere Grenzfrequenz des Verstärkers: 0,6 Hz. — Zeitschreibung: 1/50 sec (45 cm Film pro sec)

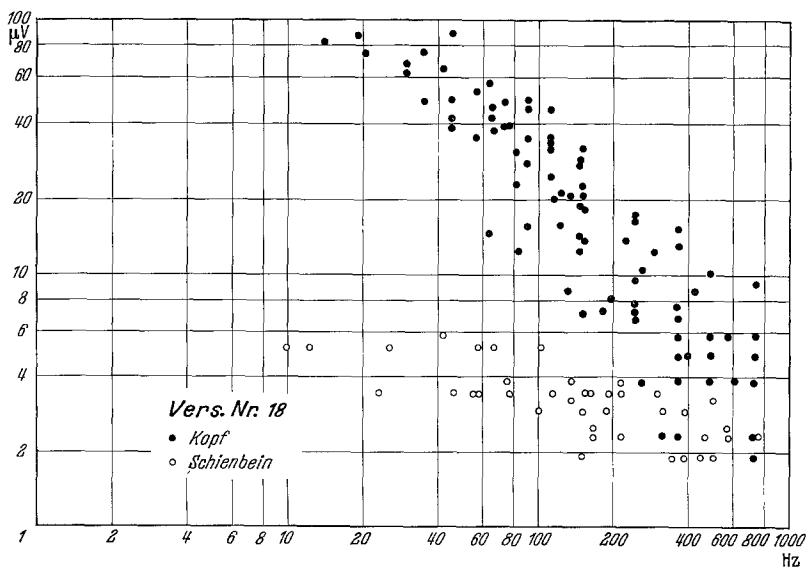


Abb. 2. Gegenüberstellung der Amplituden-Frequenz-Analyse von einer Kopf- und einer Schienbeinableitung desselben Versuches. Kopfableitung: fronto-frontal bei offenen Augen. — Schienbeinableitung: handbreit unterhalb der Kniescheibe. — Elektrodenabstand etwa 3 cm. — VP.: Th. — Vers. Nr. 18 v. Juni 1954. — Obere Grenzfrequenz des Verstärkers: 1500 Hz. — Untere Grenzfrequenz des Verstärkers: 0,6 Hz.

Kopf- und einer Schienbeinableitung in Beziehung gesetzt. Es ist deutlich zu erkennen, daß die Meßpunkte der Kopfsableitung in einem praktisch linearen, zur Abszisse geneigten Streuband liegen, wobei die höher frequenten Schwankungen bei 600 Hz Amplituden von 4—5 μ V, die β -Wellen solche von etwa 80 μ V haben. Außerordentlich flach dagegen

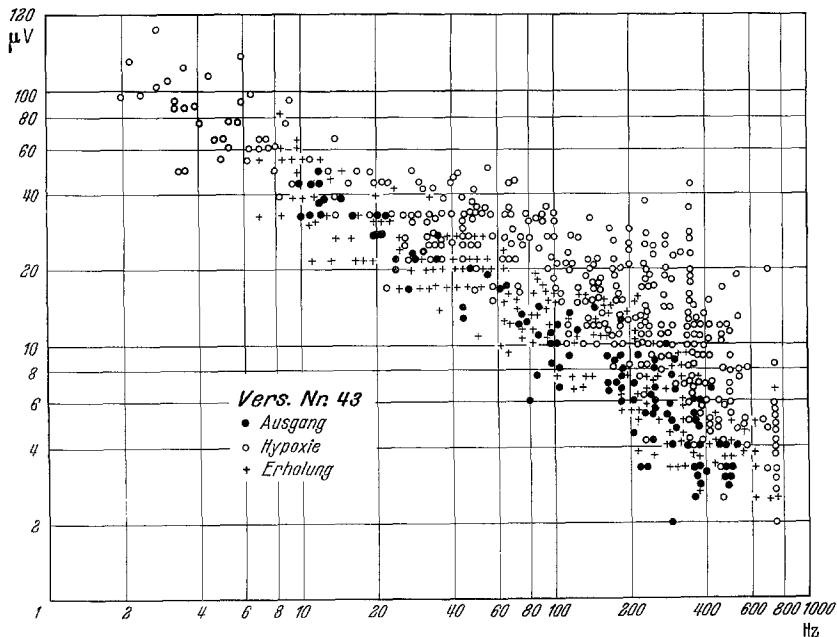


Abb. 3. Vergrößerung der Amplitude, bezogen auf die Frequenz, im letzten Stadium eines Hypoxieversuches. ● Ausgang. — ○ Unmittelbar vor und während Beendigung des Hypoxieversuches. — + 1—4 min nach Frischluftzuführung. — Unipolare frontale Ableitung links gegen Ohr bei offenen Augen. Einige Aufnahmen für die 10 Hz-Schwankungen bei geschlossenen Augen. — VP.: Kr. — Vers. Nr. 43 v. 27.4.1957. — Obere Grenzfrequenz des Verstärkers: 1500 Hz. — Untere Grenzfrequenz des Verstärkers: 0,6 Hz.

verläuft das Streuband der Meßpunkte, die von den Potentialsschwankungen der Schienbeinableitung stammen. Seine Neigung ist wesentlich geringer und kann möglicherweise rein apparativ bedingt sein.

Man findet also gleichartige Verhältnisse der Frequenz-Amplituden-Beziehungen sowohl bei den α , β - und δ -Wellen, als auch bei den höher frequenten Potentialsschwankungen (bis 600 bzw. 1000 Hz) derselben Kopfschwartenableitungen. Dies ist noch deutlicher ersichtlich aus Abb. 3, bei der zwischen 3 Hz und 40 Hz (üblicher EEG-Bereich) mehr Werte zur Beurteilung herangezogen werden konnten.

Die Frequenz-Amplituden-Beziehungen der Schwankungen des EEG's sind konstant und ändern sich spontan nur langfristig. Hingegen werden bei biologischen Zustandsänderungen des Gehirns, z. B. bei bestimmten Flicker-Reizen oder bei akustischen Reizen, sowie bei Hypoxie, Ände-

rungen der Lage und Neigung des Streubandes der Frequenz-Amplituden-Beziehungen beobachtet. Gelegentlich trifft dies auch auf die Veränderungen des EEG's beim Öffnen und Schließen der Augen zu. Abb. 3 zeigt als Beispiel eine solche Änderung der Frequenz-Amplituden-Beziehung infolge Hypoxie. Man sieht, daß diese Änderung den *gesamten* Frequenzbereich betrifft.

Die Tatsache, daß ein zusammenhängendes Streuband einheitlicher Neigung vorhanden ist, das von Werten, die um 3 Hz liegen, bis zu Werten von 600 bzw. 1000 Hz reicht, spricht dafür, daß zwischen der Genese der schnellen Schwankungen der Kopfableitungen und der Genese der in der Regel zum EEG gerechneten Schwankungen (α -, β -, δ -Wellen) ein Zusammenhang bestehen muß. Die Tatsache, daß sich bei biologischen Zustandsänderungen des Gehirns Neigung und Lage des Streubandes im gesamten Bereich ändern, spricht zweifellos für die encephale Genese auch der schnellen Schwankungen der Kopfableitungen.

Es kann hier nicht auf alle Argumente eingegangen werden, die sich aus unserem umfangreichen Beobachtungsmaterial ergeben. Erwähnt sei nur, daß auch bei Elektrocorticogrammen vom Hund schnelle Potential schwankungen ableitbar sind, die die gleichen Frequenz-Amplituden-Beziehungen aufweisen wie die von der Kopfschwarte abgeleiteten Schwankungen. Bei Ableitungen mit Einstichelektroden weisen die schnellen Schwankungen, ähnlich wie α - und β -Wellen, lokalisatorische Abhängigkeit auf. Beim Tode des Tieres verschwinden sie ebenso wie die α - und β -Wellen.

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, daß man auch den schnellen Potentialschwankungen über 50 Hz bei der Beurteilung des EEG's Beachtung schenken sollte, vorausgesetzt, daß Verstärker und vor allem Registriereinrichtung diese Schwankungen auswertbar wiedergeben.

Zusammenfassung

1. Im EEG des Menschen kann man bei geeigneter Verstärkung und Registrierung regelmäßig schnelle Potentialschwankungen bis 600 Hz (bzw. 1000 Hz) beobachten.
2. Die Frequenz-Amplituden-Beziehungen dieser schnellen Schwankungen sind denen der α -, β - und δ -Wellen gemeinsam, denn auf doppelt logarithmischem Koordinatensystem bilden sie mit ihnen ein praktisch lineares Streuband. Dieses ist gegen die schnelleren Schwankungen hin geneigt, da höheren Frequenzen niedrigere Amplitudenwerte entsprechen.
3. Die Streukurve der Frequenz-Amplituden-Beziehungen bleibt bei derselben Versuchsperson über längere Beobachtungszeit konstant. Jedoch ändert sie sich kurzfristig auf akustische und Flicker-Reize und bei

14 PLISCHKE: Frequenz-Amplituden-Bezieh. d. schnellen Schwankungen d. EEG

akuter Hypoxie. Diese Änderung der Frequenz-Amplituden-Beziehungen betrifft in gleicher Weise die schnellen Schwankungen und die α -, β - und δ -Wellen.

4. Aus den Punkten 2. und 3. ergibt sich die Vermutung, daß auch die schnellen Schwankungen die gleiche encephalogene Genese haben wie die langsamen Schwankungen des Elektrencephalogramms.

Literatur

FRANKE, L. J., u. L. J. KOOPMAN: Parallelismen in elektrobiologischen Vorgängen der Hirnrinde bei pathopsychologischen und parapsychologischen Erscheinungen. *Z. Neur.* **162**, 259 (1939). — GEMELLI, A.: Nota Preventiva su nuovi Contributi allo studio dell' Elettroencefalogramma. *Ist. Lombardo, Rend.* III, **73**, 645 (1940). — PLISCHKE, K. H.: *Z. ges. inn. Med.*, Heft 23, 1063—1073 (1957). — PRAWDITSCH-NEMINSKY, W. W.: Zur Frage nach den Wellen 2. Ordnung im Elektrocererogramm des Menschen. *Zbl. ges. Neurol. Psychiat.* **121**, 162 (1952). — ROHRACHER, H.: Die gehirnelektrischen Erscheinungen bei geistiger Arbeit. *Z. Psychol.* **136**, 308 (1935). — Die elektrischen Vorgänge im menschlichen Gehirn, 2. Aufl. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1942. — SPIELBERG, P. J.: Über das Elektrencephalogramm des Menschen. 1. Mitteilung. *Fiziol. Ž. (Mosk.)* **28**, 195 (1940).

Dr. K. H. PLISCHKE, Halle-Wittenberg, Inst. f. Exper. Pathologie d. Univ.