



## Elektroenzephalographie (EEG)

Autoren: Heinz Penin, Walter Fröscher, Original 1996, aktualisiert 3/2010

# 055

### Zusammenfassung

- Das EEG ist ein Funktionsdiagramm, das die Hirnrindenaktivität erfasst.
- Epilepsietypische Potentiale bestehen in Spitzen (spikes), Spitze-Welle-Komplexen (Spike-wave-Komplexen = SW-Komplexen) und steilen Wellen (sharp waves) mit und ohne langsame Nachschwankung.
- Die zwischen EEG-Befunden und Anfallsformen zu beobachtenden Beziehungen entsprechen statistischen Erfahrungswerten.
- Das Auftreten epilepsietypischer Potentiale im EEG bedeutet nicht, dass eine Epilepsie vorliegt.
- Ein unauffälliges EEG schließt eine Epilepsie nicht aus.

Das EEG ist ein aktuelles Funktionsdiagramm. Es registriert die zum Zeitpunkt der Ableitung vorherrschende bioelektrische Hirnaktivität. Mit dem EEG wird nur Hirnrindenaktivität erfasst, somit aber auch die aus tiefen Hirnregionen modulierte Hirnrindenaktivität. Es gibt keine spezifischen Potentiale im EEG mit einer Ausnahme: der im Ruhe-Wach-EEG registrierte Spike-wave-Komplex. Dieser signalisiert die genetische Disposition zu Epilepsie, der Träger dieses Merkmals kann jedoch zeitlebens anfallsfrei bleiben.

### EEG-Befunde bei Epilepsie

Das niederfrequente Wellenspektrum des EEGs (0,5-30/s) wird in 4, mit griechischen Buchstaben benannte Bereiche gliedert:

Beta-Wellen: 14-30/s; Alpha-Wellen: 8-13/s; Theta-Wellen: 4-7/s; Delta-Wellen: 0,5/3s.

Je nach der Dominanz der Wellen kennt man vier Varianten des Grund-EEGs:

EEG vom Alpha- und Beta-Typ und flaches oder Niederspannungs-EEG. Manche Untersucher grenzen dazu ein unregelmäßiges EEG ab. Ein alpha-Grundrhythmus findet sich bei ca. 86% der Menschen. Mit zunehmender Einstreuung von Theta- und Delta-Wellen kommt es zur Entwicklung einer Allgemeinveränderung (AV) oder einer Dysrhythmie. Unter einer AV versteht man eine verlangsamte Grundtätigkeit. Unter einer Dysrhythmie werden Gruppen oder ein kontinuierliches Auftreten von polymorphen, polyphasischen Wellen stark wechselnder Frequenz und Amplitude verstanden. Der klinisch brauchbare Begriff „Dysrhythmie“ wird nicht mehr empfohlen und durch eine Beschreibung der einzelnen Grapho-Elemente ersetzt.

Von der jeweiligen Grund- oder Hintergrundaktivität abgehoben sind die für Epilepsie typischen Potentiale („Krampfpotentiale“) entweder generalisiert (beidseitig synchronisiert) oder lokalisiert (einseitig oder fokal/herdmäßig) eingelagert, und zwar nicht nur während eines Anfalls (iktal), sondern auch im anfallsfreien Intervall (interiktal = interiktual).

## Folgende Grundtypen epilepsietypischer (= steiler = epileptiformer) Potentiale sind von Bedeutung:

Schnelle und langsame Spitzen (fast-spikes, slow-spikes), einzeln oder in Gruppen. Eine Spitze bzw. ein spike ist eine steil ansteigende und abfallende Welle, meist negativ (d.h. in der abgeleiteten Kurve nach oben gerichtet), meist bi- oder triphasisch. Dauert die Spitze länger als 70 – 80 ms, spricht man von einer langsamen Spitze (slow-spike) oder einer steilen Welle (s.u.; der Begriff „slow-spike“ wird nicht mehr empfohlen. Polyspikes sind Komplexe aus mehreren Spitzen).

Spitze-Welle-Komplex (Spike-wave-Komplex) : Komplex aus Spitze und langsamer Welle verschiedener Frequenz und Amplitude. Der „klassische“ SW-Komplex hat eine Frequenz um 3/s. Bei einer Frequenz der SW-Komplexe von weniger als 3/s spricht man von Slow-spike-wave-Komplexen (= Sharp-slow-wave- Komplex). SW-Komplexe treten meist in Gruppen oder Serien, überwiegend generalisiert, auf.

Steile Welle (= scharfe Welle = sharp-wave = langsame Spitze = slow-spike): Steil ansteigende Welle von mehr als 70 – 80ms Dauer, mono-, bi- oder triphasisch. Die Hauptkomponente ist in der Regel nach negativ gerichtet. Der Übergang zwischen Spitze und steiler Welle ist in der Realität fließend.

Steiler Ablauf: Grapho-Element mit einem Anstiegswinkel von mehr als 300  $\mu\text{V}/0,1\text{ s}$  (nicht mehr allgemein gebräuchliche Bezeichnung).

Steilerer Ablauf: Nicht mehr allgemein gebräuchliche Bezeichnung für ein Grapho-Element mit raschem Anstieg, jedoch weniger steil als beim „steilen“ Ablauf.

### **EEG-Charakteristik epileptischer Anfallstypen**

Epileptische Anfälle können sehr verschieden aussehen, zeigen aber im EEG überzufällig häufig die für den jeweiligen Anfallsablauf charakteristischen Befunde.

#### **Fokale Anfälle**

##### Einfach fokale Anfälle (das Bewusstsein bleibt erhalten)

- Im Anfall: Herdaktivität (sharp-waves, sharp-slow-waves, spikes, seltener spikes-waves, langsame Wellen), die über dem korrespondierenden Areal der kontralateralen Hirnrinde beginnt und sich in die Nachbarregionen ausbreitet; Fortleitung zur Gegenseite häufig. – Die fokale Aktivität ist von der Kopfhaut nicht immer abzuleiten.
- Im Intervall: Kontralaterale Herdaktivität (langsame Wellen, zum Teil eingelagerte sharp-waves oder Spitzenpotentiale), mehr oder minder scharf abzugrenzen.

##### Komplexe fokale Anfälle (das Bewusstsein ist gestört)

- Im Anfall: Fokale initiale Amplitudenabflachung – monomorphe rhythmische 3-6/s Wellen – gelegentlich eingelagerte steile Potentiale (sharp-waves, spike-wave-ähnliche Muster). Häufig schnelle Ausbreitung in benachbarte Regionen und zur Gegenseite entweder diffus oder lokalisiert in die temporalen oder fronto-temporalen Regionen beiderseits. EEG-Veränderungen nur über einer Hirnhälfte sind selten.
- Im Intervall: Einseitige oder beidseitige, in der Regel asynchrone Herdaktivität (vorwiegend langsame Wellen oder singuläre sharp-waves bzw. die Kombination beider Merkmale; selten Spitzenpotentiale) in den temporalen oder frontalen Regionen.

##### Fokale Anfälle mit Entwicklung zu sekundär generalisierten Anfällen

- Herdaktivität, wie oben beschrieben, die sich besonders rasch auf beide Hirnhälften ausbreitet und generalisiert entsprechend der tonischen oder klonischen Anfallssymptomatik abläuft (siehe EEG der generalisierten Anfälle).

## **Generalisierte Anfälle ( konvulsiv oder nicht-konvulsiv)**

### **A. Absencen**

#### Typische Absencen

- Im Anfall: Regelmäßige, bilateral-symmetrische 3/s Spike-wave-Komplexe oder auch im frühen Kindesalter 2-3/s Spike-wave-Komplexe bzw. im juvenilen Alter 3-4/s Poly-spike-wave-Komplexe. – Fotosensibilität!
- Im Intervall: Altersentsprechende Alpha-Grundaktivität, seltener leichte diffuse Dysrhythmie. Eingelagerte kurzdauernde Paroxysmen von gewöhnlich regelmäßigen, bilateral symmetrischen 3/s Spike-wave-Komplexen, seltener langsamere oder schnellere Frequenzen.

#### Atypische Absencen

Atypische Absencen sind im engeren Sinne keine generalisierten Anfälle, sondern rasch generalisierende fokale Anfälle.

- Iktal generalisierte Paroxysmen frontal betonter, langsamer und irregulärer Spike-wave-Aktivität, häufig asymmetrisch.
- Im Intervall: Verlangsamung der Grundaktivität.

### **B. Myoklonische Anfälle (Juvenile myoklonische Epilepsie, Impulsiv-Petit mal)**

- Im Anfall: Bilateral-synchrone, symmetrische Poly-spike-wave-Komplexe mit einem hohen Anteil an spikes, selten Sharp-slow-wave-Komplexen in einem Grund-EEG mit großamplitudiger Alpha-Aktivität.
- Im Intervall: Kurze Paroxysmen von bilateral-synchronen, symmetrischen Poly-spike-wave-Komplexen in einem EEG mit instabiler Alpha-Grundaktivität. Aktivierung von Spike-wave-Paroxysmen durch Lidschluß, Hyperventilation und Fotostimulation

### **C. Klonische Anfälle**

- Im Anfall: Spitzen (10/s oder schneller) und langsame Wellen im Wechsel, gelegentlich auch Spike-wave-Muster.
- Im Intervall: Je nach Lebensalter und Ursache der Epilepsie unterschiedliche Befunde. Bei primär generalisierten Epilepsien häufig kurze Paroxysmen von Spike-wave- oder Poly-spike-wave-Komplexen.

### **D. Tonische Anfälle**

- Im Anfall: Bei Anfallsbeginn meist eine generalisierte Abflachung, danach längere Folge von bilateral-symmetrischen kleinamplitudigen, überwiegend rhythmischen 10-12-15/s Spitzen, deren Frequenz im Verlauf abnimmt und deren Amplitude zunimmt.
- Im Intervall: Je nach Lebensalter und Ursache der Epilepsie unterschiedliche Befunde. Bei sekundär generalisierten Epilepsien in einem oft nicht altersentsprechenden Grund-EEG eingelagerte Paroxysmen von mehr oder weniger rhythmischen, manchmal asymmetrischen Sharp-slow-wave-Komplexen.

### **E. Tonisch-klonische Anfälle**

- Im Anfall und im Intervall: Kombination von D. und C.

### **F. Atonische (astatische) Anfälle**

Im Anfall: Poly-spike-wave-Komplexe oder generalisierte, seitenbetonte Sharp-slow-wave-Komplexe oder

Amplitudenabflachung oder Serien von kleinamplitudigen schnellen Spitzen (10-12-15/s); nachfolgend amplitudenhohe, negative "Bremswelle(n)".

- Im Intervall: Unregelmäßige Spike-slow-wave-Komplexe oder Poly-spike-slow-wave-Komplexe, Theta- und Delta-Rhythmen, diffuse oder paroxysmale Dysrhythmien.
- Kombinationen sind möglich, z.B. B. und F. oder B. und D.

### Stellenwert des EEGs

Die oben besprochenen Beziehungen zwischen epileptischen Anfällen und den als charakteristisch beschriebenen EEG-Befunden sind statistischer Art. Sie treffen nicht in allen Fällen zu. Das gleiche gilt für Korrelationen von epileptischen Syndromen und EEG. Zum Beispiel werden BNS-Krämpfe (West-Syndrom) durch den charakteristischen EEG-Befund der Hypsarrhythmie bestätigt; diese kann aber auch ganz fehlen oder durch eine uncharakteristische Veränderung ersetzt sein.

Diese Feststellungen mindern nicht den Stellenwert des EEGs für die differentialtypologische Diagnose der verschiedenen epileptischen Anfälle. Liegt ein charakteristischer EEG-Befund vor, so wird entweder die klinische Verdachtsdiagnose bestätigt, oder sie muss gegebenenfalls revidiert werden.

Die Krankheitsdiagnose folgt einfacheren Beziehungen: Leidet ein Mensch an Anfällen, so werden diese durch steile Potentiale im EEG als zur Epilepsie gehörig erkannt. Ein diesbezüglich unauffälliges EEG schließt aber eine Epilepsie nicht aus. Für Epilepsie typische Wellen finden sich je nach Anfallstyp und Epilepsie-Verlaufsform in 60-90% des Ruhe-Wach-EEGs. Durch wiederholte Ableitungen und/ oder ein Langzeit-EEG, verschiedene Aktivierungsverfahren wie Hyperventilation, Fotostimulation, Schlaf und Schlafentzug lässt sich die Effizienz noch deutlich steigern.

Für die Beurteilung der Prognose einer Epilepsie ist das EEG weniger geeignet. Man kann aber aufgrund langjähriger Erfahrungen folgendes feststellen:

- Häufig eingelagerte SW-Komplexe, insbesondere Gruppen irregulärer Spike-wave-Komplexe mit vermehrt eingelagerten Spitzen, die länger als 1-2 Sekunden andauern, machen ein Wiederauftreten von Absenzen wahrscheinlich.
- Slow-spike-slow-wave-Komplexe und Sharp-slow-wave-Komplexe, oft einseitig betont, sind prognostisch ungünstige EEG-Merkmale.
- Eine im Verlauf starke Dynamik der EEG-Befunde mit häufigem Wechsel von allgemeinen und herdmäßigen Veränderungen lässt auf eine noch fehlende Stabilisierung der epileptogenen Funktionsstörung schließen.
- Beim Absetzen der Antiepileptika bei anfallsfrei gewordenen Patienten stellt ein abnormes EEG einen negativen Prädiktor bezüglich des Rezidivrisikos dar.

### Weiterführende Materialien

Doose, H.: Das EEG bei Epilepsien im Kindes- und Jugendalter, EEG-Atlas 2002  
zu bestellen bei Desitin Arzneimittel, Weg beim Jäger 214, 22335 Hamburg oder [www.doose-epilepsy.de](http://www.doose-epilepsy.de)  
Ebner, A., Deuschl, G. (Hrsg.): EEG. Thieme, Stuttgart - New York, 2006 (2. Aufl. in Vorbereitung)  
Fröscher, W., Vassella, F., Hufnagel, A.: Die Epilepsien, 2. Aufl., Schattauer, Stuttgart - New York 2004  
Neundörfer, B.: EEG-Fibel. Urban u. Fischer, 5.Aufl., München - Jena 2002  
Noachtar, S., Binnie, C., Ebersole, J., Mauguière, F., Sakamoto, A., Westmoreland, B. Glossar der meistgebrauchten Begriffe in der klinischen Elektroenzephalographie und Vorschläge für die EEG-Befunderstellung. Klin. Neurophysiol. 2004; 35: 5 - 21  
Zschocke, S.: Klinische Elektroenzephalographie, 2. Aufl., Springer, Berlin - Heidelberg 2002

## Videos

Internat. League against epilepsy: Video atlas of epileptic seizures: classical examples for CD-ROM. The Medicine Group, Abingdon/England, 1997  
Penin, H., Hahn, N. und Institut Wiss. Film: Elektrische Signale des Gehirns. Die Grundlage des EEG (1987/30 Min.)  
Das Video ist zu beziehen über: Institut f. d. wissenschaftlichen Film, Nonnenstieg 72, 37075 Göttingen Tel: 0551/202204

## Adressen

Informationen über Epilepsie sind auch erhältlich über:

Deutsche Epilepsievereinigung/einfälle, Zillestr. 102, 10585 Berlin, Tel.: 030/342-4414, Fax: 030/342-4466  
Internet: [www.epilepsie.sh](http://www.epilepsie.sh)

Stiftung Michael, Münzkamp 5, 22339 Hamburg, Tel.: 040/5388540, Fax 040/538-1559  
Internet: [www.Stiftung-Michael.de](http://www.Stiftung-Michael.de)

Herausgeber: Dt. Gesellschaft für Epileptologie