

# 1 EEG – Elektroenzephalographie

Mit dem EEG werden die Gehirnströme, die Gesamtheit aller, der unter der jeweiligen Elektrode gelegenen Nervenzellpotentiale, abgeleitet, verstärkt und registriert.

## Technik

- Verstärkung: 70  $\mu$ V
- Tiefpassfilter: 70 Hz
- Hochpassfilter: 0,3 s (Zeitkonstante 0,53 Hz)

## Untersuchungsbedingungen

- liegend oder entsprechend sitzend
- Augen geschlossen
- passiver Wachzustand

## Elektrodenposition

- 10–20-Elektrodensystem

## Übergangswiderstand der Elektroden

- unter 5–10 kOhm, alle Elektroden gleich niedrig
- Dauer der Untersuchung:  
ca. 20–30 Minuten, inklusive einer Belastung durch Hyperventilation und Fotostimulation

## Ableitprogramme

- Referenzableitung
- bipolare Längs- und Querreihen, Quellenableitungen

## Polygraphische Ableitungen

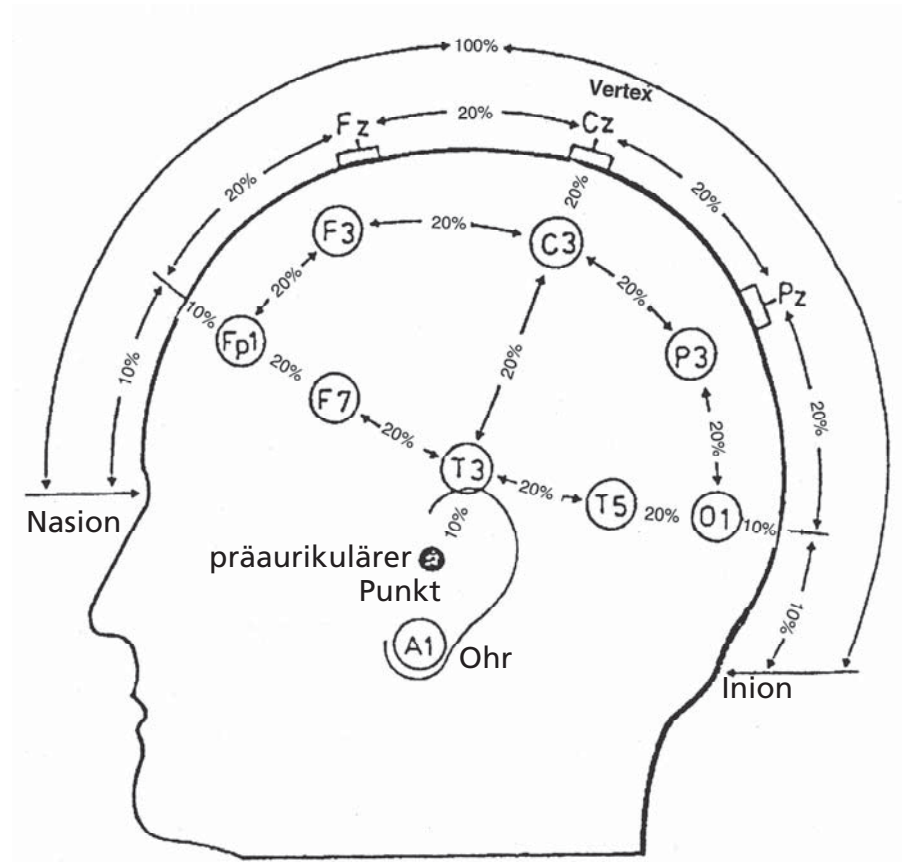
- EKG: Verstärkung 100  $\mu$ V, Tiefpassfilter 70 Hz, Hochpassfilter 1,0 s–1,5 s
- EMG: Verstärkung 20  $\mu$ V, Tiefpassfilter 70 Hz, Hochpassfilter 1,0 s
- EOG: Verstärkung 100  $\mu$ V, Tiefpassfilter 70 Hz, Hochpassfilter 0,3 s

## Auswertung des EEG

- Frequenzen
- Amplituden
- Häufigkeit
- Modulation
- Symmetrie
- Reagibilität

## 1.1 Elektrodenpositionen nach dem 10–20-Elektrodensystem

**Abb. 1:**  
Elektrodenpositionen nach dem 10–20-Elektrodensystem

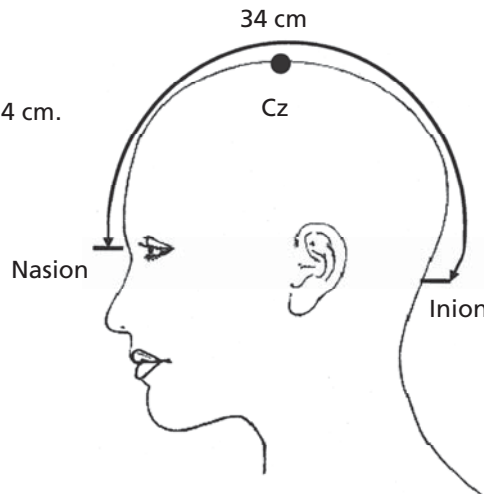


Notizen:

### 1.1.1 Elektrodenposition der Mittellinie

Der Abstand zwischen Nasion und Inion wird entlang der Mittellinie gemessen. Auf der Hälfte wird der Punkt Cz markiert. Er muss auch in der Mitte der präaurikulären Punkte liegen.

Beispiel:  
Der Abstand zwischen Nasion und Inion beträgt 34 cm.  
Cz liegt bei 17 cm.

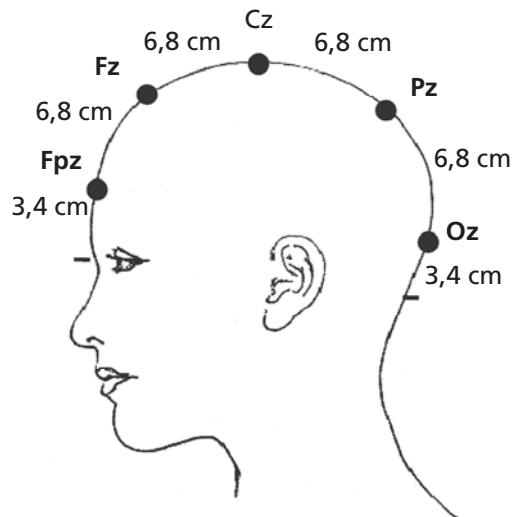


Beispiel

**Abb. 2:**  
Elektrodenposition der Mittellinie – Beispiel

Jetzt wird das Bandmaß entlang der Mittellinie gelegt und die 10- bzw. 20 %ige Aufteilung vorgenommen.

|                  |                    |                       |
|------------------|--------------------|-----------------------|
| Nasion<br>(0 cm) | + 10 %<br>+ 3,4 cm | = Fpz<br>= 3,4 cm)    |
| Fpz<br>(3,4 cm)  | + 20 %<br>+ 6,8 cm | = Fz<br>= 10,2 cm)    |
| Fz<br>(10,2 cm)  | + 20 %<br>+ 6,8 cm | = Cz<br>= 17,0 cm)    |
| Cz<br>(17,0 cm)  | + 20 %<br>+ 6,8 cm | = Pz<br>= 23,8 cm)    |
| Pz<br>(23,8 cm)  | + 20 %<br>+ 6,8 cm | = Oz<br>= 30,6 cm)    |
| Oz<br>(30,6 cm)  | + 10 %<br>+ 3,4 cm | = Inion<br>= 34,0 cm) |



Damit ergeben sich die Positionen Fpz, Fz, Pz und Oz.



**Abb. 3:**  
Elektrodenposition der Mittellinie – Positionsermittlung



Notizen:

## 1.1.2 Elektrodenposition der Querlinie



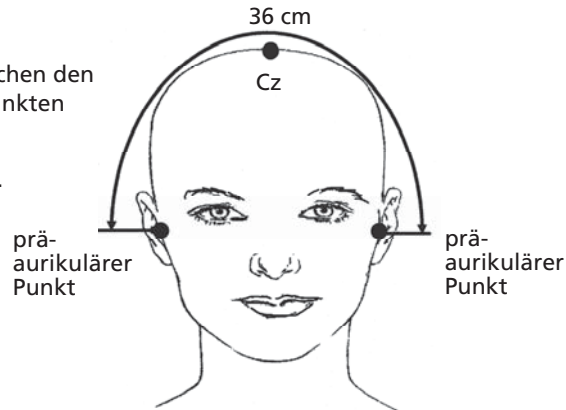
Beispiel

**Abb. 4:**  
Elektrodenposition  
der Querlinie –  
Beispiel

Das Maßband wird senkrecht zur Mittellinie über Cz gelegt und die Punkte im 10- bzw. 20 %igen Abstand zu den präaurikulären Punkten markiert.

Beispiel:  
Der Abstand zwischen den  
präaurikulären Punkten  
beträgt 36 cm.

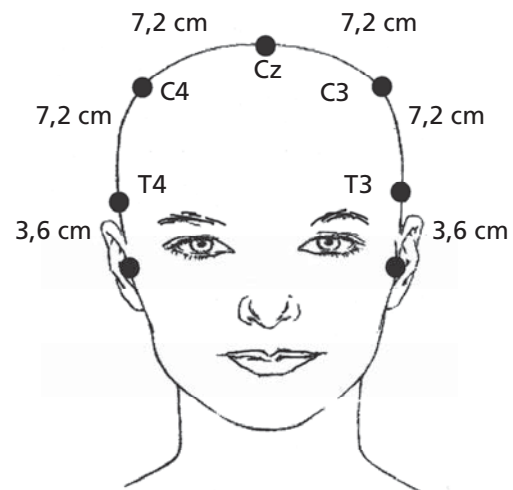
Cz liegt bei 18 cm.



**Abb. 5:**  
Elektrodenposition  
der Querlinie –  
Positionsermittlung

Damit ergeben sich die Positionen **T3, C3, C4, und T4**.

|           |          |            |
|-----------|----------|------------|
| prae. li. | + 10 %   | = T3       |
| (0)       | + 3,6 cm | = 3,6 cm)  |
| T3        | + 20 %   | = C3       |
| (3,6 cm   | + 7,2 cm | = 10,8 cm) |
| C3        | + 20 %   | = Cz       |
| (10,8 cm  | + 7,2 cm | = 18,0 cm) |
| Cz        | + 20 %   | = C4       |
| (18,0 cm  | + 7,2 cm | = 25,2 cm) |
| C4        | + 20 %   | = T4       |
| (25,2 cm  | + 7,2 cm | = 32,4 cm) |
| T4        | + 10 %   | = prae. re |
| (32,4 cm  | + 3,6 cm | = 36,0 cm) |

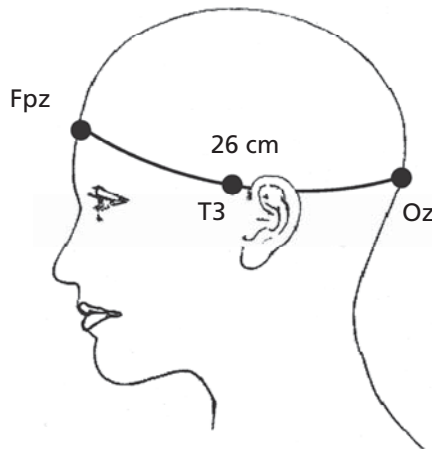


Notizen:

### 1.1.3 Elektrodenposition entlang der Zirkumferenz

Gemessen wird der Abstand zwischen Fpz und Oz über die Position T3, die Punkte im Abstand von 10 bzw. 20 % werden markiert.

Beispiel:  
Die Strecke Fpz zu Oz  
beträgt 26 cm.

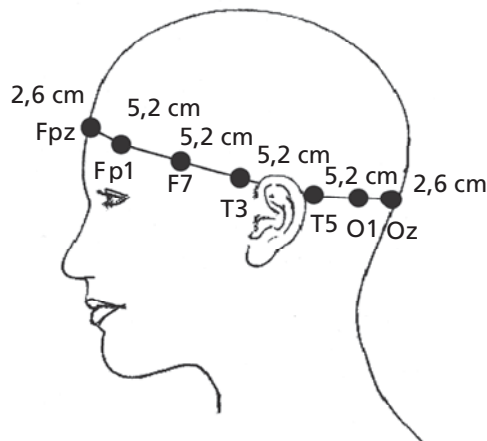


Beispiel

**Abb. 6:**  
Elektrodenposition  
entlang der  
Zirkumferenz –  
Beispiel

Damit ergeben sich die Positionen **Fp1, F7, T3, T5** und **O1**.  
Auf der Gegenseite werden nach dem gleichen Prinzip die Positionen  
**Fp2, F8, T4, T6** und **O2** bestimmt.

|          |          |            |
|----------|----------|------------|
| Fpz.     | + 10 %   | = Fp1      |
| (0       | + 2,6 cm | = 2,6 cm)  |
| Fp1      | + 20 %   | = F7       |
| (2,6 cm  | + 5,2 cm | = 7,8 cm)  |
| F7       | + 20 %   | = T3       |
| (7,8 cm  | + 5,2 cm | = 13,0 cm) |
| T3       | + 20 %   | = T5       |
| (13,0 cm | + 5,2 cm | = 18,2 cm) |
| T5       | + 20 %   | = O1       |
| (18,2 cm | + 5,2 cm | = 23,4 cm) |
| O1       | + 10 %   | = Oz       |
| (23,4 cm | + 2,6 cm | = 26,0 cm) |



**Abb. 7:**  
Elektrodenposition  
entlang der  
Zirkumferenz –  
Positionsermittlung



Notizen:

### 1.1.4 Elektrodenposition in den parasagitalen Längsreihen und den mittleren Querreihen



Beispiel

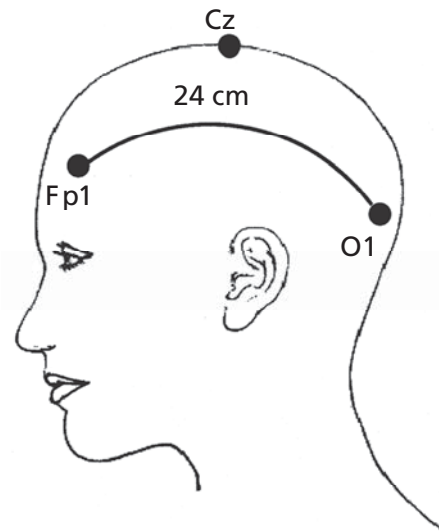
**Abb. 8:**  
Elektrodenposition  
in den  
parasagitalen  
Längsreihen und  
den mittleren  
Querreihen –  
Beispiel

Die Strecke Fp1 und O1 wird in vier gleiche Abschnitte unterteilt.

Beispiel:

Die Entfernung beträgt 24 cm.

Ein Abschnitt beträgt somit 6 cm.

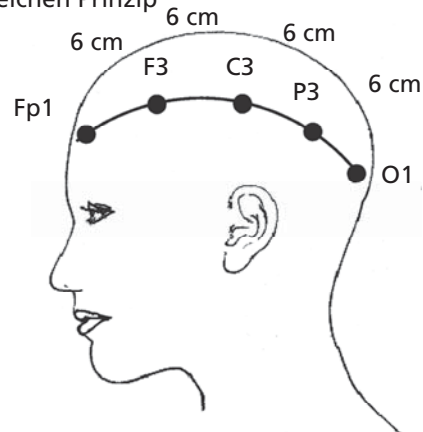


**Abb. 9:**  
Elektrodenposition  
in der parasagitalen  
Längsreihen und  
der mittleren  
Querreihen –  
Positionsermittlung

Es entstehen die Positionen **F3**, **C3** und **P3**.

Auf der Gegenseite werden nach dem gleichen Prinzip die Positionen **F4**, **C4** und **P4** bestimmt.

|          |          |            |
|----------|----------|------------|
| Fp1      | + 6,0 cm | = F3       |
| (0,0 cm  | + 6,0 cm | = 6,0 cm)  |
| F3       | + 6,0 cm | = C3       |
| (6,0 cm  | + 6,0 cm | = 12,0 cm) |
| C3       | + 6,0 cm | = P3       |
| (12,0 cm | + 6,0 cm | = 18,0 cm) |
| P3       | + 6,0 cm | = O1       |
| (18,0 cm | + 6,0 cm | = 24,0 cm) |



Zu beachten ist, dass der Abstand F3–Fp1 und F3–C3 bzw. F3–Fz und F3–F7 gleich sind. C3 und C4 befinden sich in der Mitte von T3 und Cz sowie T4 und Cz. Alle Abstände müssen gleich lang sein.

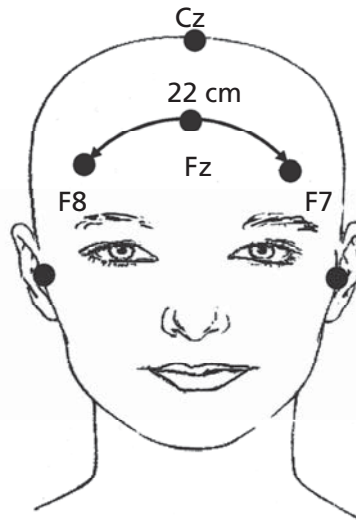


Notizen:

### 1.1.5 Elektrodenposition in der frontalen Querreihe

Gemessen wird die Strecke von F7 über Fz nach F8.  
Sie wird in vier gleiche Abschnitte unterteilt.

Beispiel:  
Ein Abschnitt beträgt somit 5,5 cm.  
Die Entfernung beträgt 22 cm.

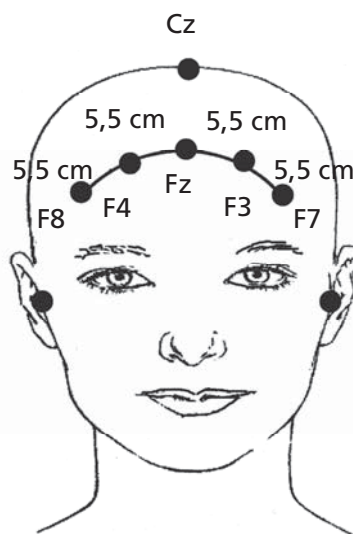


**Beispiel**

**Abb. 10:**  
Elektrodenposition  
in der frontalen  
Querreihe – Beispiel

Es entstehen die Positionen F3 und F4.

|          |          |            |
|----------|----------|------------|
| F7       | + 5,5 cm | = F3       |
| (0,0 cm  | + 5,5 cm | = 5,5 cm)  |
| F3       | + 5,5 cm | = Fz       |
| (5,5 cm  | + 5,5 cm | = 11,0 cm) |
| Fz       | + 5,5 cm | = F4       |
| (11,0 cm | + 5,5 cm | = 16,5 cm) |
| F4       | + 5,5 cm | = F8       |
| (16,5 cm | + 5,5 cm | = 22,0 cm) |



**Abb. 11:**  
Elektrodenposition  
in der frontalen  
Querreihe –  
Positionsermittlung



**Notizen:**

### 1.1.6 Elektrodenposition in der parietalen Querreihe

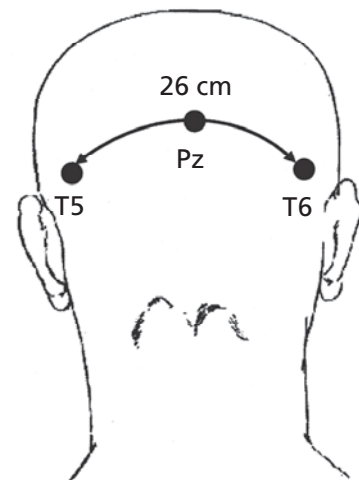


#### Beispiel

**Abb. 12:**  
Elektrodenposition  
in der parietalen  
Querreihe – Beispiel

Gemessen wird die Entfernung von  
T5 über Pz nach T6.  
Sie wird in vier gleiche Abschnitte  
unterteilt.

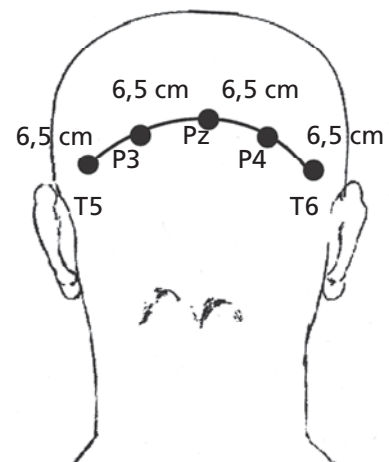
Beispiel:  
Die Entfernung beträgt 26 cm.  
Ein Abschnitt beträgt somit 6,5 cm



**Abb. 13:**  
Elektrodenposition  
in der parietalen  
Querreihe –  
Positionsermittlung

Es entstehen die Positionen **P3** und **P4**.

|          |          |            |
|----------|----------|------------|
| T6       | + 6,5 cm | = P4       |
| (0,0 cm  | + 6,5 cm | = 6,5 cm)  |
| P4       | + 6,5 cm | = Pz       |
| (6,5 cm  | + 6,5 cm | = 13,0 cm) |
| Pz       | + 6,5 cm | = P3       |
| (13,0 cm | + 6,5 cm | = 19,5 cm) |
| P3       | + 6,5 cm | = T5       |
| (19,5 cm | + 6,5 cm | = 26,0 cm) |

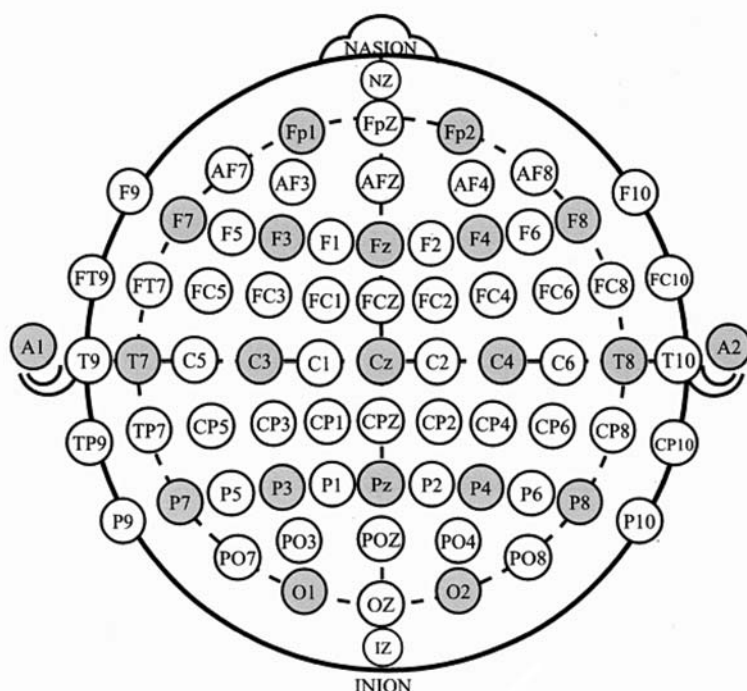


Die Elektroden **A1** und **A2** werden an den Ohrläppchen befestigt.



#### Notizen:

## 1.2 Erweitertes 10–20-Elektrodensystem



**Abb. 14:**  
Erweitertes 10–20-  
Elektrodensystem

Die ergänzenden Elektrodenpositionen sind hell eingezeichnet (► Abb. 14). Nach der Nomenklatur MCN (Modified Combinatorial Nomenclature) wurden folgende Elektroden des 10–20 Systems umbenannt:

- T3 ist jetzt T7,
- T4 ist jetzt T8,
- T5 ist jetzt P7 und
- T6 ist jetzt P8.

Hier, in diesem Buch, habe ich mich zum besseren Verständnis der vielen »alten« Abbildungen wegen, noch einmal für die »alte« Nomenklatur entschieden.



**Wichtig**

### 1.3 Grundaktivität, Grundrhythmus und andere physiologische Graphoelemente

Die Grundaktivität stellt die Aktivität dar, welche in der abgeleiteten Hirnregion unter Standardbedingungen kontinuierlich registriert wird (z. B. Alpha-Rhythmus des gesunden Erwachsenen).

Der Grundrhythmus ist die vorherrschende Grundaktivität der Okzipital-Region. Standardbedingungen sind:

- psychische und körperliche Entspannung
- wacher Bewusstseinsstand
- geschlossene Augen

Man kann die im EEG abgeleiteten Potentiale unterteilen in

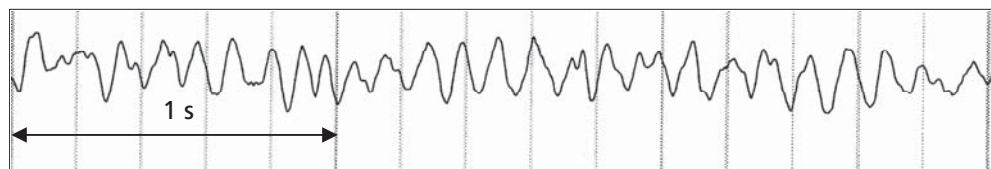
1. Wellen ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\theta$ ,  $\delta$ )
2. Transienten (Potentiale, die vorübergehend auftreten und sich von der Hintergrundaktivität abheben, z. B. Spitzenpotentiale, Verlangsamungen)
3. Komplexe (mehrere unterschiedliche Graphoelemente z. B. spike-wave-Komplex)
4. Muster (Kombination aus Wellen, Transienten und Mustern)

### 1.3.1 Normale Graphoelemente

#### Alpha-Wellen ( $\alpha$ )

- 8–13/s
- als Alpha-Rhythmus bei Erwachsenen während des Wachzustandes über der hinteren Schädelregion auftretend, Spannungsmaximum okzipital
- Amplitude meist unter 50  $\mu\text{V}$
- pathologisch z. B. mit Herdcharakter als Alpha-Aktivierung oder -Verminderung (► Kap. 1.6.2)

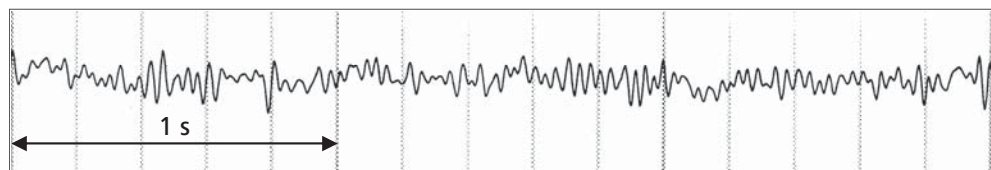
**Abb. 15:**  
Alpha-Wellen



#### Beta-Wellen ( $\beta$ )

- 13–30/s
- als Beta-Rhythmus im Wachzustand frontal und präzentral auftretend
- okzipital als physiologische  $\beta$ -Variante oder als  $\beta$ -Spindeln im Schlaf
- Amplitude meist unter 30  $\mu\text{V}$
- pathologisch z. B. bei Medikamenteneinfluss (fehlende Unterdrückung beim Berger-Ma-  
növer) oder bei herdförmigem Auftreten

**Abb. 16:**  
Beta-Wellen



#### Theta-Wellen ( $\theta$ )

- 4–8/s
- Amplituden 20–50  $\mu\text{V}$
- als 4–5/s Grundrhythmusvariante (als polymorphe Wellen generalisiert bei Vigilanzschwankungen mit kurzzeitigem Ersatz der Alphagrundaktivität; ► Kap. 1.1.3)
- pathologisch z. B. als gruppierte monomorphe Wellen mit fronto-zentraler Betonung als »subkortikale Funktionsstörung«

**Abb. 17:**  
Theta Wellen

