

Anne-Katrin Baum

# Neurophysiologie in der Praxis

Ein Handbuch für Medizinisch-technische  
Assistenten/-innen für Funktionsdiagnostik/  
Medizinische/-r Technologe/-in  
für Funktionsdiagnostik

4., erweiterte und  
überarbeitete Auflage

**Kohlhammer**

**Kohlhammer**

## **Die Autorin**

Anne-Katrin Baum arbeitet als Ltd. Medizinisch-technische Assistentin für Funktionsdiagnostik an der Universitätsklinik für Neurologie der Otto-von-Guericke Universität in Magdeburg.

*Für meine Eltern*

Anne-Katrin Baum

# **Neurophysiologie in der Praxis**

Ein Handbuch für Medizinisch-technische  
Assistenten/-innen für Funktionsdiagnostik/  
Medizinische/-r Technologie/-in  
für Funktionsdiagnostik

4. Auflage

Verlag W. Kohlhammer

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen und sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche gekennzeichnet sind.

Es konnten nicht alle Rechtsinhaber von Abbildungen ermittelt werden. Sollte dem Verlag gegenüber der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar nachträglich gezahlt.

Dieses Werk enthält Hinweise/Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalt der Verlag keinen Einfluss hat und die der Haftung der jeweiligen Seitenanbieter oder -betreiber unterliegen. Zum Zeitpunkt der Verlinkung wurden die externen Websites auf mögliche Rechtsverstöße überprüft und dabei keine Rechtsverletzung festgestellt. Ohne konkrete Hinweise auf eine solche Rechtsverletzung ist eine permanente inhaltliche Kontrolle der verlinkten Seiten nicht zumutbar. Sollten jedoch Rechtsverletzungen bekannt werden, werden die betroffenen externen Links soweit möglich unverzüglich entfernt.

|                                                                                    |          |                                                                                   |         |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------|
|   | Achtung  |  | Wichtig |
|   | Beispiel |  | Notizen |
|  | Aufgabe  |                                                                                   |         |

4. Auflage 2023

Alle Rechte vorbehalten

© W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart

Gesamtherstellung: W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart

Print:

ISBN 978-3-17-042845-4

E-Book-Formate:

pdf: ISBN 978-3-17- 042846-1

## Geleitwort zur 4. Auflage

Im Laufe von 15 Jahren hat das Handbuch drei Auflagen erlebt. Vier Jahre nach der 3. Auflage nun die vorliegende 4. Auflage.

Eine wesentliche Neufassung und Überarbeitung der bisherigen Auflagen war nicht notwendig. Vielmehr erfolgten Erweiterungen.

Diese betreffen im Wesentlichen Ableitungen im Bereich der somatosensorisch evozierten Potentiale (SSEP). Darüber hinaus wurde das Vorgehen bei der neurophysiologischen Diagnostik am häufigsten mit dem in der Praxis auftretenden Karpaltunnelsyndrom exemplarisch dargestellt. Es bleibt nunmehr der Ausblick auf eine möglicherweise 5. Auflage in einigen Jahren. Dann wäre es wünschenswert, wenn auch die elektromyographische Diagnostik, die im Wesentlichen in der Hand des Arztes liegt, auch aus Sicht der erfahrenen medizinisch-technischen Mitarbeiter\*in dargestellt wird. Dies zumal die Dokumentation der EMG-Befunde dieser bereits unterliegt.

Magdeburg, Herbst 2022

Prof. Dr. Helmut Feistner



# Inhalt

|                                                                                                 |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Geleitwort zur 4. Auflage .....</b>                                                          | <b>5</b>  |
| <b>1 EEG – Elektroenzephalographie .....</b>                                                    | <b>11</b> |
| 1.1 Elektrodenpositionen nach dem 10–20-Elektrodensystem .....                                  | 12        |
| 1.1.1 Elektrodenposition der Mittellinie .....                                                  | 13        |
| 1.1.2 Elektrodenposition der Querlinie .....                                                    | 14        |
| 1.1.3 Elektrodenposition entlang der Zirkumferenz .....                                         | 15        |
| 1.1.4 Elektrodenposition in den parasagitalen Längsreihen und den<br>mittleren Querreihen ..... | 16        |
| 1.1.5 Elektrodenposition in der frontalen Querreihe .....                                       | 17        |
| 1.1.6 Elektrodenposition in der parietalen Querreihe .....                                      | 18        |
| 1.2 Erweitertes 10–20-Elektrodensystem .....                                                    | 19        |
| 1.3 Grundaktivität, Grundrhythmus und andere physiologische<br>Graphoelemente .....             | 19        |
| 1.3.1 Normale Graphoelemente .....                                                              | 20        |
| 1.3.2 Typen des Grundrhythmus .....                                                             | 21        |
| 1.3.3 Varianten des Grundrhythmus .....                                                         | 22        |
| 1.3.4 Besondere, physiologische Formen der EEG-Aktivität .....                                  | 22        |
| 1.3.5 Graphoelemente des Schlafes .....                                                         | 26        |
| 1.4 Pathologische Graphoelemente .....                                                          | 28        |
| 1.4.1 Epilepsietypische Potentiale .....                                                        | 28        |
| 1.4.2 Periodische Aktivität .....                                                               | 29        |
| 1.4.3 Triphasische Wellen .....                                                                 | 30        |
| 1.4.4 Intermittierend rhythmische Deltaaktivität (IRDA) .....                                   | 31        |
| 1.5 Das pathologische EEG .....                                                                 | 31        |
| 1.5.1 Leichte Allgemeinveränderung .....                                                        | 31        |
| 1.5.2 Mittelschwere Allgemeinveränderung .....                                                  | 31        |
| 1.5.3 Schwere Allgemeinveränderung .....                                                        | 31        |
| 1.5.4 Alpha-Koma .....                                                                          | 32        |
| 1.5.5 EEG bei irreversiblen Hirnfunktionsausfall .....                                          | 32        |
| 1.6 Herdbefunde .....                                                                           | 32        |
| 1.6.1 Alpha-Verminderung .....                                                                  | 32        |
| 1.6.2 Alpha-Aktivierung .....                                                                   | 32        |
| 1.6.3 Epilepsietypische Potentiale .....                                                        | 32        |
| 1.6.4 Fokale Verlangsamung (Herd) .....                                                         | 33        |
| 1.6.5 Breach rhythm .....                                                                       | 33        |
| 1.7 Die Schlafstadien nach Rechtschaffen und Kales .....                                        | 33        |
| 1.7.1 Stadium Wach .....                                                                        | 33        |
| 1.7.2 Stadium I .....                                                                           | 34        |
| 1.7.3 Stadium II .....                                                                          | 34        |
| 1.7.4 Stadium III .....                                                                         | 34        |
| 1.7.5 Stadium IV .....                                                                          | 34        |
| 1.7.6 Stadium REM .....                                                                         | 34        |
| 1.8 Aktivierungsmethode .....                                                                   | 35        |
| 1.8.1 Berger-Manöver .....                                                                      | 35        |
| 1.8.2 Hyperventilation .....                                                                    | 36        |
| 1.8.3 Schlafentzug .....                                                                        | 37        |
| 1.8.4 Fotostimulation .....                                                                     | 37        |
| 1.9 Biologische und technische Artefakte .....                                                  | 38        |
| 1.9.1 Schwitzartefakte .....                                                                    | 38        |
| 1.9.2 Lid- und Bulbusartefakte .....                                                            | 38        |

|          |                                                                                       |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.9.3    | EKG-Artefakte .....                                                                   | 39        |
| 1.9.4    | Muskelartefakte .....                                                                 | 39        |
| 1.9.5    | Pulsartefakte .....                                                                   | 40        |
| 1.9.6    | Artefakte durch einen Vagusstimulator .....                                           | 40        |
| 1.9.7    | Wechselstromartefakte .....                                                           | 41        |
| 1.9.8    | Artefakt durch elektrostatische Entladung .....                                       | 41        |
| 1.9.9    | Artefakte durch einen »Hirnschrittmacher« .....                                       | 42        |
| 1.9.10   | Seitendifferenzen der Amplituden durch unkorrekte Elektroden-<br>positionierung ..... | 42        |
| 1.9.11   | Artefakt durch Kontaktfehler der Elektrode .....                                      | 43        |
| 1.10     | EEG zur Diagnostik des irreversiblen Hirnfunktionsausfalls .....                      | 44        |
| <b>2</b> | <b>Evozierte Potentiale .....</b>                                                     | <b>48</b> |
| 2.1      | AEP – akustisch evozierte Potentiale .....                                            | 48        |
| 2.1.1    | Beurteilung der FAEP .....                                                            | 50        |
| 2.2      | VEP – visuell evozierte Potentiale .....                                              | 52        |
| 2.2.1    | Normvariante W-Form .....                                                             | 54        |
| 2.2.2    | Blitzbrillen-VEP .....                                                                | 55        |
| 2.2.3    | Halbfeldstimulation .....                                                             | 55        |
| 2.3      | SSEP – somatosensorisch evozierte Potentiale .....                                    | 58        |
| 2.3.1    | SEP nach Nervenstammstimulation .....                                                 | 58        |
| 2.3.2    | SEP nach Dermatomeizung .....                                                         | 59        |
| 2.3.3    | Praktische Durchführung .....                                                         | 60        |
| 2.4      | Magnetisch evozierte Potentiale (MEP) .....                                           | 80        |
| 2.4.1    | Transkranielle Magnetstimulation des Motorkortex (KML) .....                          | 81        |
| 2.4.2    | Spinale Wurzelstimulation (peripher motorische Latenz/PML) ....                       | 84        |
| 2.4.3    | Berechnung der zentral motorischen Latenzzeit (ZML) .....                             | 84        |
| 2.4.4    | Beurteilung der Reizantworten .....                                                   | 87        |
| 2.4.5    | Magnetische Stimulation des N. facialis .....                                         | 87        |
| 2.4.6    | Transkutane Magnetstimulation peripherer Nerven .....                                 | 91        |
| <b>3</b> | <b>Neurographie .....</b>                                                             | <b>92</b> |
| 3.1      | Sensible Neurographie .....                                                           | 92        |
| 3.1.1    | N. medianus .....                                                                     | 94        |
| 3.1.2    | N. ulnaris .....                                                                      | 96        |
| 3.1.3    | Ramus dorsalis nervi ulnaris .....                                                    | 98        |
| 3.1.4    | Ramus superficialis n. radialis .....                                                 | 100       |
| 3.1.5    | N. cutaneus antebrachii lateralis .....                                               | 102       |
| 3.1.6    | N. cutaneus antebrachii medialis .....                                                | 104       |
| 3.1.7    | N. suralis .....                                                                      | 106       |
| 3.1.8    | R. peroneus superficialis .....                                                       | 108       |
| 3.1.9    | N. peroneus profundus .....                                                           | 110       |
| 3.1.10   | N. saphenus .....                                                                     | 112       |
| 3.1.11   | N. plantaris medialis .....                                                           | 114       |
| 3.1.12   | N. plantaris lateralis .....                                                          | 116       |
| 3.1.13   | N. cutaneus femoris lateralis .....                                                   | 118       |
| 3.2      | Motorische Neurographie .....                                                         | 120       |
| 3.2.1    | N. medianus .....                                                                     | 122       |
| 3.2.2    | N. ulnaris .....                                                                      | 132       |
| 3.2.3    | N. radialis .....                                                                     | 140       |
| 3.2.4    | N. peroneus .....                                                                     | 142       |
| 3.2.5    | N. tibialis .....                                                                     | 146       |
| 3.2.6    | N. femoralis .....                                                                    | 150       |
| 3.2.7    | N. facialis .....                                                                     | 152       |
| 3.2.8    | N. accessorius .....                                                                  | 154       |
| 3.2.9    | N. suprascapularis .....                                                              | 156       |
| 3.2.10   | N. axillaris .....                                                                    | 158       |
| 3.2.11   | N. musculocutaneus .....                                                              | 160       |
| 3.2.12   | N. phrenicus .....                                                                    | 162       |
| 3.2.13   | N. thoracicus longus .....                                                            | 164       |

|          |                                                               |            |
|----------|---------------------------------------------------------------|------------|
| <b>4</b> | <b>F-Wellen .....</b>                                         | <b>166</b> |
| <b>5</b> | <b>H-Reflex .....</b>                                         | <b>168</b> |
| <b>6</b> | <b>Hirnstammreflexe .....</b>                                 | <b>170</b> |
| 6.1      | Blinkreflex (Orbicularis oculi-Reflex) .....                  | 170        |
| 6.1.1    | Ausfall des Blinkreflexes oder einer seiner Komponenten ..... | 172        |
| 6.2      | Masseterreflex .....                                          | 178        |
| 6.3      | Kieferöffnungsreflex .....                                    | 180        |
| <b>7</b> | <b>Sympathischer Hautreflex .....</b>                         | <b>182</b> |
| <b>8</b> | <b>Repetitive Stimulation .....</b>                           | <b>184</b> |
| <b>9</b> | <b>Tremoranalyse .....</b>                                    | <b>186</b> |
|          | <b>Nachwort zur 4. Auflage .....</b>                          | <b>188</b> |
|          | <b>Anhang .....</b>                                           | <b>189</b> |
|          | Anlage 1: Geräteeinstellungen .....                           | 189        |
|          | Anlage 2: Normwerte .....                                     | 195        |
|          | Anlage 3: Schautafeln .....                                   | 219        |



# 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 k $\Omega$ , 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

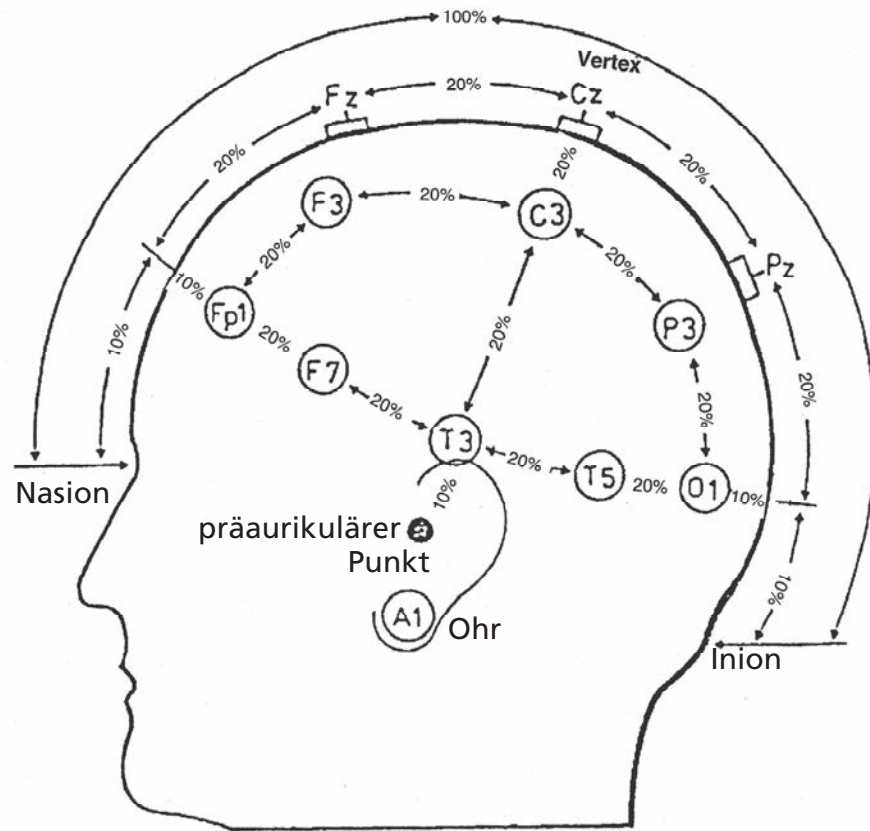
- EKG: Verstärkung 100  $\mu$ V, Tiefpassfilter 70 Hz, Hochpassfilter 1,0 s–1,5 s
- EMG: Verstärkung 20  $\mu$ V, Tiefpassfilter 70 Hz, Hochpassfilter 1,0 s
- EOG: Verstärkung 100  $\mu$ V, Tiefpassfilter 70 Hz, Hochpassfilter 0,3 s

## 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

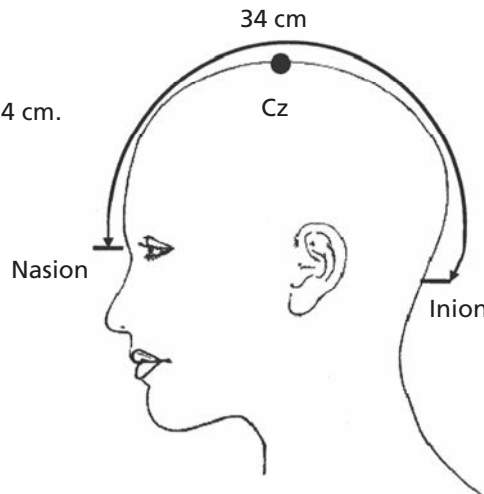


Notizen:

### 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.

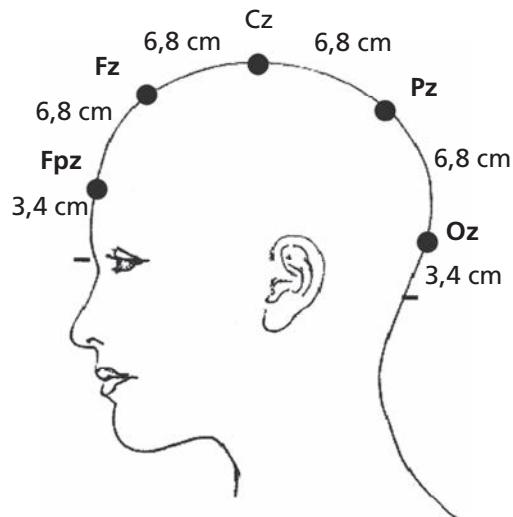


Beispiel

**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



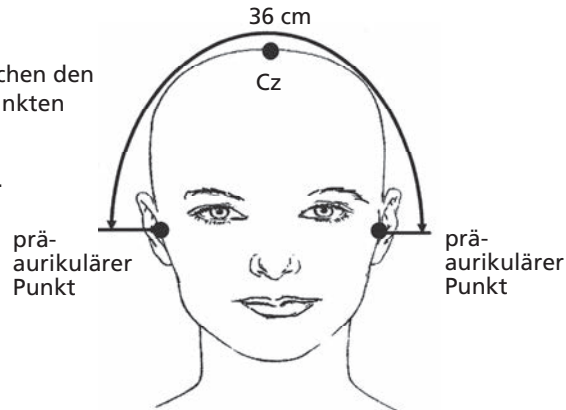
Beispiel

**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.

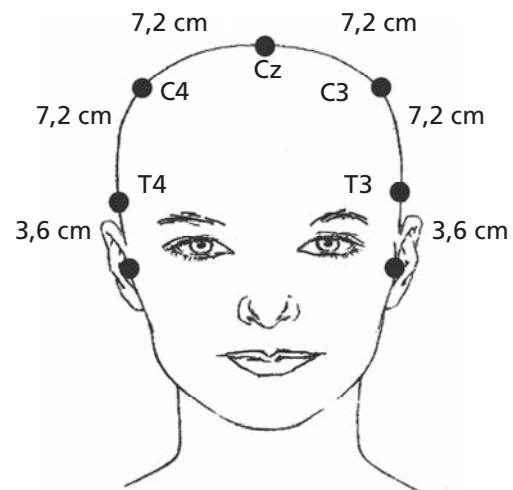
Cz liegt bei 18 cm.



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

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

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

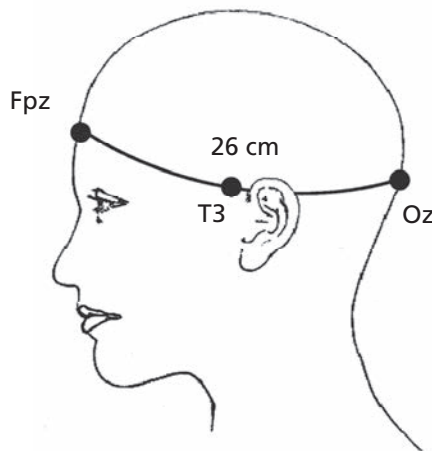


Notizen:

### 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)

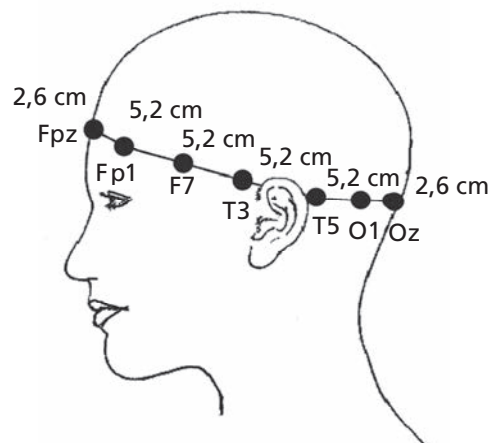
Fp1 + 20 % = F7  
(2,6 cm + 5,2 cm = 7,8 cm)

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

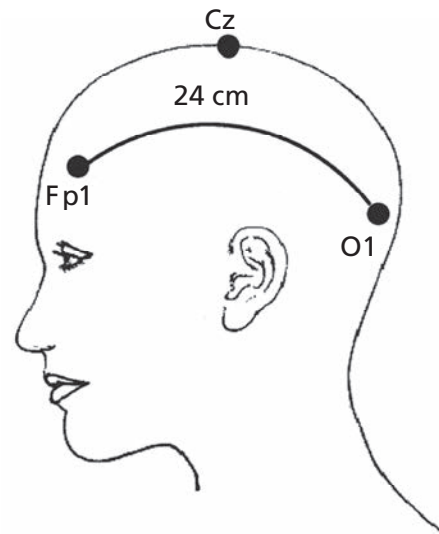
**Abb. 8:**  
Elektrodenposition  
in den  
parasagitalen  
Längsreihen und  
den mittleren  
Querreihen –  
Beispiel

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

Beispiel:

Die Entfernung beträgt 24 cm.

Ein Abschnitt beträgt somit 6 cm.

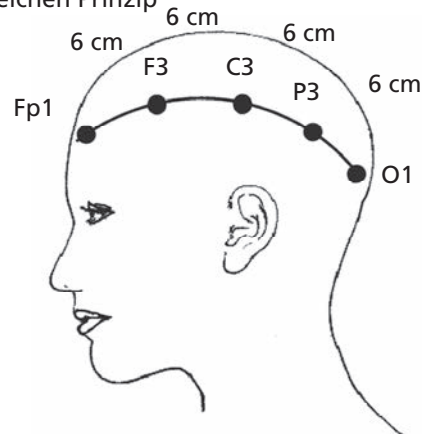


**Abb. 9:**  
Elektrodenposition  
in der parasagitalen  
Längsreihen und  
der mittleren  
Querreihen –  
Positionsermittlung

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.

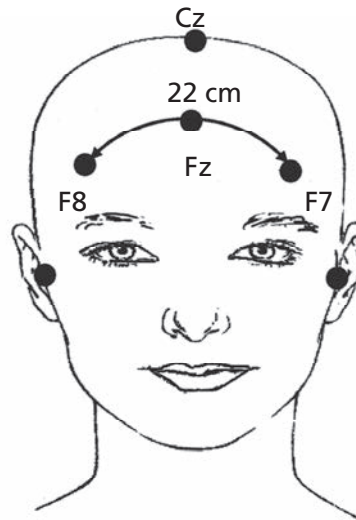


#### Notizen:

### 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.

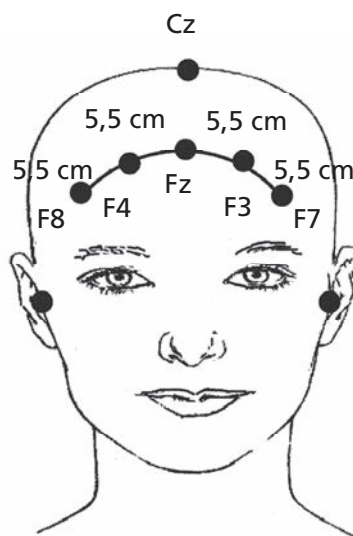


**Beispiel**

**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

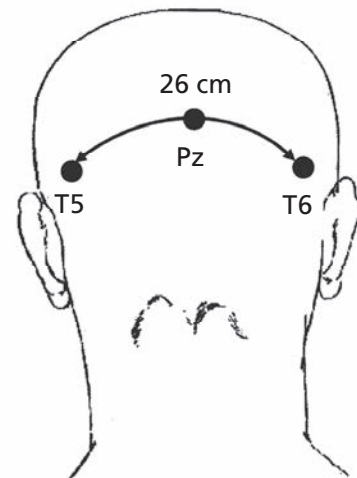


#### Beispiel

**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.

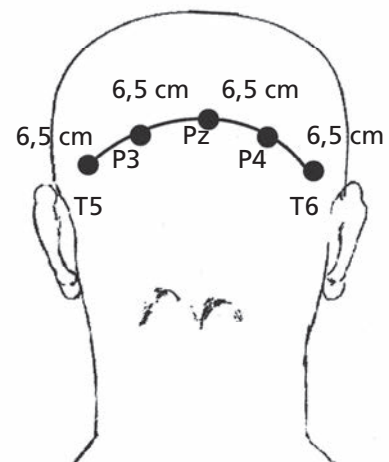
Beispiel:  
Die Entfernung beträgt 26 cm.  
Ein Abschnitt beträgt somit 6,5 cm



**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) |

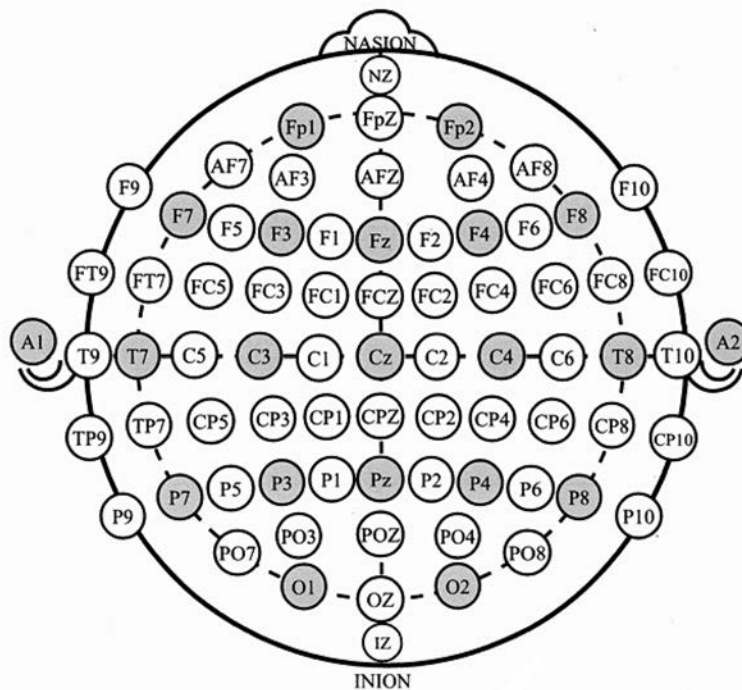


Die Elektroden **A1** und **A2** werden an den Ohrläppchen befestigt.



#### 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

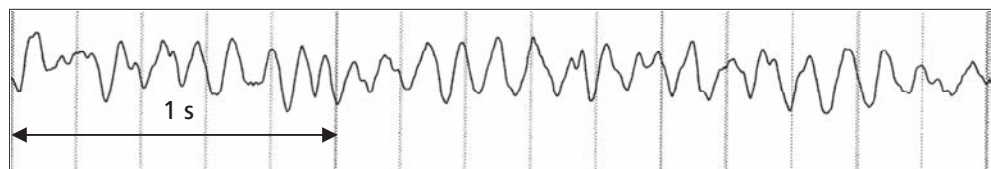
1. Wellen ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\theta$ ,  $\delta$ )
2. Transienten (Potentiale, die vorübergehend auftreten und sich von der Hintergrundaktivität abheben, z. B. Spitzenpotentiale, Verlangsamungen)
3. Komplexe (mehrere unterschiedliche Graphoelemente z. B. spike-wave-Komplex)
4. Muster (Kombination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

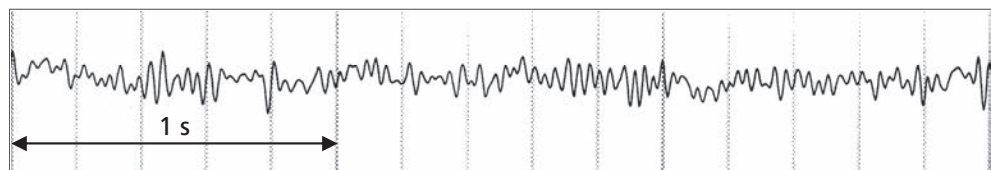
**Abb. 15:**  
Alpha-Wellen



#### 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

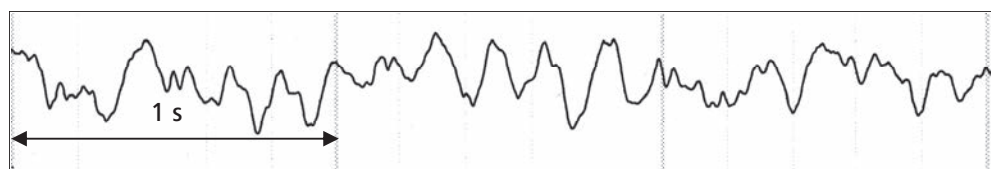
**Abb. 16:**  
Beta-Wellen



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

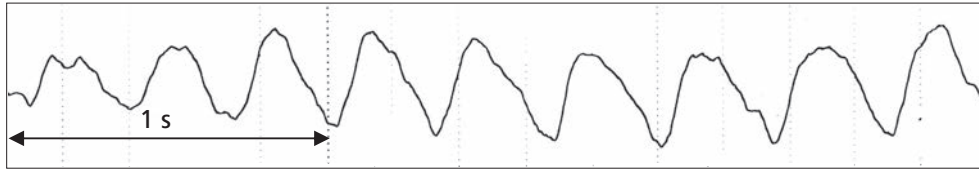
- 4–8/s
- Amplituden 20–50  $\mu\text{V}$
- als 4–5/s Grundrhythmusvariante (als polymorphe Wellen generalisiert bei Vigilanzschwankungen mit kurzzeitigem Ersatz der Alphagrundaktivität; ► Kap. 1.1.3)
- pathologisch z. B. als gruppierte monomorphe Wellen mit fronto-zentraler Betonung als »subkortikale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

**Abb. 17:**  
Theta Wellen



**Delta-Wellen ( $\delta$ )**

- 0,5–4/s (unter 0,5/s Subdeltawellen)
- meist über 100  $\mu$ V
- bogen- bis trapezförmige Gestalt
- bei wachen Erwachsenen immer pathologisch



**Abb. 18:**  
Delta-Wellen

**1.3.2 Typen des Grundrhythmus**

Die genetisch beeinflusste, intraindividuell relativ stabile Grundaktivität, besteht in der Regel aus Alphawellen. Ein Alpha-EEG findet sich bei 85 % aller Menschen.

Daneben gibt es aber auch okzipitale Grundaktivitäten außerhalb des Alpha-Bereichs. Die Varianten des Grundrhythmus (► Kap. 1.3.2) zeigen alle Eigenschaften, der Lokalisation, der Reagibilität und der Abhängigkeit vom Vigilanzspiegel, wie der reguläre Alpha-Grundrhythmus.

**Alpha-Typ**

Alpha-Wellen sind im okzipitalen oder hinteren Temporalbereich die vorherrschende Wellenform. Die Amplituden sollten über 15  $\mu$ V betragen. Unterdrückung der Alpha-Aktivität durch optische, akustische, mentale und andere Reize.

**Beta-Typ**

Vor allem über der Konvexität finden sich überwiegend Beta-Wellen. Alpha-Aktivität tritt insbesondere auch okzipital deutlich zurück.

**Partieller Beta-Typ**

Alpha-Wellen und Beta-Wellen sind etwa in gleichem Maße stark ausgeprägt und konkurrieren auch bezüglich der Lokalisation.

**Flaches EEG**

Im flachen EEG überschreiten die Amplituden des Grundrhythmus 10–15  $\mu$ V nicht. Die Alpha-Wellen fehlen über den okzipitalen Ableitungen. Somit sind Frequenz und Ausprägung unter Standardregistrierbedingungen nicht zu bestimmen. Nach dem Berger-Manöver (► Kap. 1.8) oder während der Hyperventilation können kurzzeitig angedeutet Alpha-Wellen auftreten.

**Frequenzlabiles EEG**

Die Frequenzen umfassen Theta-, Alpha-, z. T. auch Beta-Bereiche. Sie treten als »Frequenzgemisch« auf.

**Unregelmäßiges EEG**

Die Frequenz, Amplitude und Form der Wellen ändern sich ständig und regellos. Alpha- und rasche Theta-Wellen wechseln sich ab. Diese Veränderungen sollten auch über der Konvexität erkennbar sein.

### 1.3.3 Varianten des Grundrhythmus

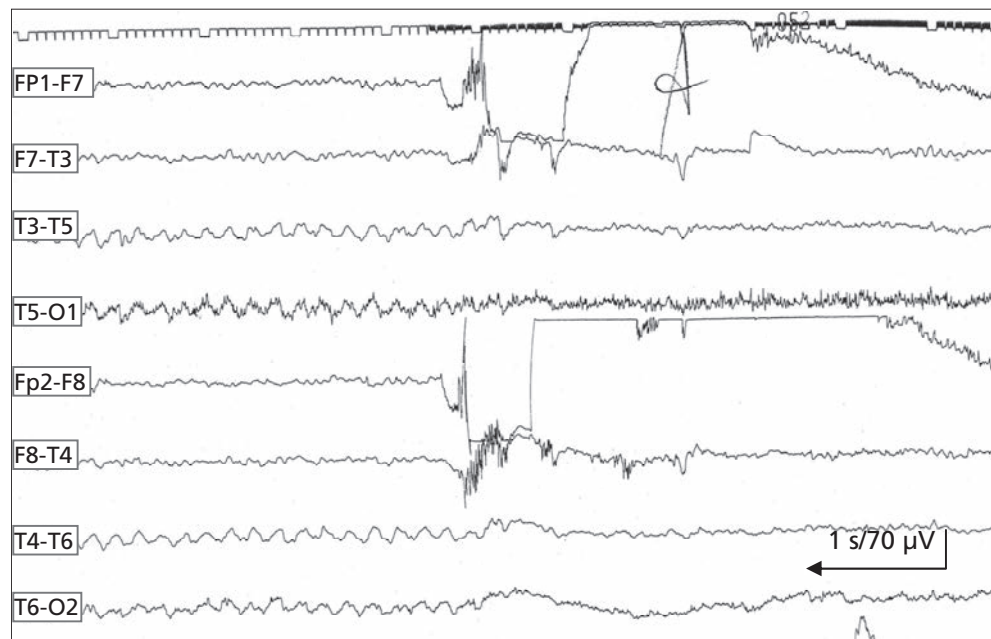
#### Subharmonische Grundrhythmusvariante

- Wechsel der Aktivität des normalen Alpha-Rhythmus mit einer halben Alpha-Frequenz
- unveränderte Lokalisation und Reagibilität
- ist auch im Berger-Versuch blockierbar

#### 4/s-Grundrhythmusvariante

- Frequenzen 3–5/s
- okzipital betont
- Wechsel mit normalem Alpha-Rhythmus (physiologische Variante des Alpha-Rhythmus)
- wird durch Augenöffnen und Fotostimulation unterdrückt

**Abb. 19:**  
4/s-Grundrhythmus-  
variante



### 1.3.4 Besondere, physiologische Formen der EEG-Aktivität

#### Subklinische rhythmische elektroenzephalographische Entladungen bei Erwachsenen (SREDA)

- rhythmisches Muster aus unterschiedlichen Frequenzen (hauptsächlich aus dem Theta-Bereich)
- kann uni- und bilateral auftreten
- 20 Sekunden bis mehrere Minuten anhaltend
- ähnelt einem Anfallsmuster, ohne klinisches Korrelat und ohne klinische Bedeutung