

I – 9

Visuelle Auswertung von polyorganischen Schlafregistrierungen

I – 9.1

Auswertung von Biosignalen

I – 9.1.1

Alpha-Wellen

RALF BINDER und HANS-GÜNTHER WEEß, Klingenmünster, für die Task Force Auswertung von Polysomnographien der DGSM

Zusammenfassung

Alpha-Wellen bilden die elektrische kortikale Aktivität in einem spezifischen Frequenzbereich (8–12 Hz) ab und werden über das Elektroenzephalogramm (EEG) erfasst. Im Schlaf-EEG kommt den Alpha-Wellen vor allem im Bereich der Schlafstadienanalyse sowie bei der Bestimmung von Weckreaktionen (Arousals) eine bedeutsame Rolle zu.

Die Häufigkeit und die Amplitudenhöhe der Alpha-Wellen nimmt von der Okzipital- über die Parietalregion hin zu den vorderen Hirnabschnitten deutlich ab, so dass über den von RECHTSCHAFFEN und KALES (1968) zur Schlafstadienanalyse definierten Punkten C3/A2 bzw. C4/A1 im Vergleich zu den okzipitalen Ableitpunkten weniger häufig Alpha-Wellen bei insgesamt reduzierter Amplitudenhöhe aufgezeichnet werden.

Zur Morphologie und Topographie von Alpha-Wellen

Im entspannten Wachzustand dominiert bei geschlossenen Augen im EEG der Alpha-Grundrhythmus (s. *Abb. 1 und 2*). Die Frequenz dieser Wellen liegt beim gesunden Erwachsenen zwischen 8 und 12 Hz (Schwingungen pro Sekunde), wobei die interindividuelle Häufigkeitsverteilung bei einem Gipfel von 10 Hz und einer Standardabweichung von ca. 1 Hz annähernd einer Normalverteilung folgt. Intra-individuell kann bei einer Standardabweichung von ca. 0,5 Hz ein sehr konstantes Erscheinungsbild beobachtet werden, wobei bis zur Adoleszenz eine leichte Frequenzzunahme und im fortgeschrittenem Senium eine leichte Abnahme registriert werden kann (ZSCHOCKE 2002).

Die Amplituden der Alpha-Wellen zeigen häufig spindelförmige Verläufe auf und erreichen ihr Maximum (bis zu 100 μV) in den okzipitalen Hirnregionen. Die Mehrzahl gesunder Erwachsener zeigt in diesem Bereich Amplituden zwischen 10 und 50 μV auf, wobei mit zunehmendem Lebensalter eine Abnahme beobachtet werden kann.

Alpha-Aktivität beim Wach-Schlaf-Übergang und bei zunehmender Schläfrigkeit

Eine Blockade der im entspannten Wachzustand bei geschlossenen Augen registrierten Alpha-Aktivität kann durch das Öffnen der Augen hervorgerufen und etwa im Rahmen der Biosignaleichung beobachtet werden. Die Alpha-Blockade wird dabei nicht durch das Öffnen der Augen per se, sondern durch das anschließende Fokussieren visueller Reize als Ausdruck der Aktivierung entsprechender kortikaler Regionen im okzipitalen Bereich eingeleitet und kann prinzipiell auch bei intensiver visueller Imagination erzielt werden (CANTERO et al. 2000). Bei reduzierter zentralnervöser Aktivierung nimmt die gerichtete visuelle Aufmerksamkeit ab, was sich in einer Zunahme der Alpha-Aktivität bei geöffneten Augen sowie einer Abnahme bei geschlossenen Augen im Wach-EEG manifestiert und zu dem Ausbleiben der vollständigen Alpha-Blockade nach dem Augenöffnen führt (ALLOWAY et al. 1997). Das Verhältnis der Alpha-Aktivität bei geschlossenen Augen zur Alpha-Aktivität bei geöffneten Augen kann somit als Indikator zunehmender Schläfrigkeit gewertet werden und dient beim so genannten „Alpha Attenuati-

on Test“ von STAMPI et al. (1993) als Grundlage zur Berechnung des Schläfrigkeitskennwertes „Alpha-Attenuation-Coefficient“ (AAC).

Alpha-Aktivität im Non-REM- und im REM-Schlaf

Mit zunehmender Schlafbereitschaft kann beim Wach-Schlaf-Übergang mit einer zeitlichen Verzögerung von anterioren hin zu posterioren Hirnregionen (WRIGHT et al. 1995) eine Abnahme der Auftretenshäufigkeit der Alpha-Wellen bei begleitender Amplitudenreduktion (HORI et al. 1995) zugunsten von Theta-Aktivität registriert werden (s. *Abb. 3*), bis diese schließlich überwiegt und bei einem Vorliegen von mehr als 50% so genannter Mischfrequenz an den Ableitpunkten C4/A1 bzw. C3/A2 Schlafstadium 1 nach RECHTSCHAFFEN und KALES (ebenda) klassifiziert wird (s. *Abb. 4 und 5*). Nach Schlafbeginn im Sinne des erstmaligen Auftretens von Schlafstadium 1 kann im Verlauf der ersten 10 Minuten eine weitere starke Reduktion der Alpha-Aktivität verzeichnet werden (HORI 1985), die jedoch beim so genannten „First-Night-Effekt“ deutlich geringer ausfällt (TAMAKI et al. 2005). In den nachfolgenden Schlafstadien 2 bis 4 werden überwiegend langsamere EEG-Wellen im Theta- und Deltabereich beobachtet, wobei hier neben vereinzelt auftretenden Alpha-Aktivität vor allem im Rahmen von Weckreaktionen (The Atlas Task Force 1992) auftritt (s. *Abb. 7 bis 9*) und häufig von K-Komplexen (s. *Abb. 8*) eingeleitet wird (HALASZ und UJSZASZI 1991).

Im REM-Schlaf ist wiederum eine deutliche Zunahme der Alpha-Aktivität zu verzeichnen, wobei neben einer vermehrten Hintergrundaktivität im Alpha-Frequenz-Bereich (s. *Abb. 10*) salvenartige Einschübe zusammenhängender Alpha-Aktivität (s. *Abb. 11 und 12*), so genannte „Alpha-Bursts“ (CANTERO et al. 2000) registriert werden können. Diese Einschübe sind von Weckreaktionen visuell gut abgrenzbar, da ihre zeitliche Dauer in der Regel weniger als drei Sekunden beträgt und ein begleitender Anstieg im Muskel submentalis fehlt. Vor allem in den okzipitalen Hirnregionen kann während des phasischen REM-Schlafs ein erneuter, deutlicher Rückgang der Alpha-Hintergrundaktivität beobachtet werden, der als (elektrophysiologisches Korrelat visueller Trauminalhalte) Ausdruck lokaler Aktivierung zur Generierung bildhafter Trauminalhalte interpretiert wird (CANTERO et al. 1999), wohingegen die salvenartigen Alpha-Einschübe sowohl in den toni-

schon als auch den phasischen REM-Abschnitten gleichermaßen häufig beobachtet werden können.

Alpha-Aktivität und Weckreaktionen

Eine Weckreaktion (Arousal) wird als ein abrupter, mindestens drei Sekunden andauernder Anstieg in der EEG-Frequenz beschrieben, der Wellen im Alpha-, Theta- oder höheren Frequenzbereichen enthalten kann (s. *Abb. 7 bis 9*). Ausgenommen sind Schlafspindeln mit einer Frequenz zwischen 12 und 14 Hz (The Atlas Task Force 1992).

Die Mehrzahl der Weckreaktionen zeigt Frequenzen im Alpha-Bereich auf (CARSKADON und RECHTSCHAFFEN 2005). Eine besondere Rolle nimmt in der Arousal-Klassifikation das Alpha-Schlaf-EEG (s.u.) ein, bei dem zur Arousalvergabe eine Mindestdauer von 10 Sekunden ohne erkennbare Alpha-Aktivität gefordert wird (The Atlas Task Force 1992).

Im Rahmen der Schlafstadienanalyse wird dem „Movement Arousal“ nach RECHTSCHAFFEN und KALES (1968) eine besondere Bedeutung beigemessen. Hier wird ein obligatorischer Anstieg im EMG des Muskulus submentalis gefordert, der von einem Frequenzanstieg im EEG – meist Alpha-Aktivität – oder einem Anstieg im EOG oder Artefaktüberlagerungen in den beiden letztgenannten Kanälen begleitet sein muss (s. *Abb. 13*). Ein weiterer Unterschied zum Arousal nach Definition der Atlas Task Force besteht im Fehlen eines Zeitkriteriums.

Alpha-Aktivität beim Alpha-Schlafstyp

Beim so genannten Alpha-Schlafstyp kann mit einem Ausprägungsmaximum in der ersten Nachthälfte in allen Non-REM-Schlafstadien eine Überlagerung der elektrischen Grundaktivität mit Alpha-Wellen registriert werden (s. *Abb. 14 und 15*), deren Frequenz meist 1–2 Hz unter der im Wachen registrierten Alpha-Frequenz liegt (CARSKADON und RECHTSCHAFFEN 2005). Dieses Phänomen wurde bei einer Vielzahl von Erkrankungen beobachtet, so etwa bei schizophrenen und schizoaffektiven Störungen (HAURI und HAWKINS 1973), bei Depression (SCHMIDT und TORELLO 1991), Chronic Fatigue Syndrom (CASTRIOTTA et al. 1992), psychophysiologischer Insomnie (SCHNEIDER-HELMERT und KUMAR 1995), aber auch bei Gesunden (SCHEULER et al. 1983). Die Mehrzahl der diesbezüglichen Studien wurde mit Patienten durchgeführt, die an einem Fibromyalgie-Syndrom

litten (HORNE und SHAKELL 1991). Hier konnten MOLDOFSKY et al. (1975) zeigen, dass 70% dieser Patientengruppe im Non-REM-Schlaf vermehrte Alpha-Aktivität aufweisen.

Eine abschließende Erklärung des Phänomens steht bislang noch aus. So wird das Auftreten von Alpha-Schlaf von einigen Autoren als Indikator nicht-erholsamen Schlafes angesehen (PASCUALY und BUCHWALD 2000). Die diesbezüglichen Studien zeigen jedoch inkonsistente Befunde auf. So konnten PERLIS et al. (1997) bei Patienten mit Fibromyalgie-Syndrom eine substantielle Korrelation zwischen der subjektiven Wahrnehmung eines oberflächlichen Schlafes sowie einer reduzierten Arousalchwelle als Reaktion auf externe Stimuli mit dem Auftreten von Alpha-Schlaf nachweisen. MOLDOFSKY und LUE (1980) berichten über einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Ausmaß an subjektiv beklagtem nächtlichen Schmerz und dem Ausmaß von Alpha-Schlaf bei Patienten mit Fibromyalgie-Syndrom. SCHEULER et al. (1983) hingegen konnten bei 14% der von ihnen untersuchten gesunden Probanden vermehrten Alpha-Schlaf detektieren, die im Vergleich zu den Gesunden ohne erkennbares Alpha-Schlaf-Muster sogar eine reduzierte Anzahl transientser Weckreaktionen aufzeigten, und SCHNEIDER-HELMERT und KUMAR (1995) konnten keine Unterschiede in einer neurophysiologischen Leistungstestbatterie bei Patienten mit psychophysiologischer Insomnie mit hoher und niedriger Alpha-Aktivität im Schlaf entdecken, wobei die Patienten mit hohem Alpha-Schlaf-Anteil subjektiv Indikatoren der Schlafqualität (bei objektiv fehlenden Unterschieden) sogar besser einschätzten.

Literatur

- ALLOWAY CED, OGILVIE RD, SHAPIRO CM: The Alpha Attenuation Test: Assessing excessive daytime sleepiness in narcolepsy-cataplexy. *Sleep*, 20 (4): 258–266, 1997
- CANTERO JL, ATIENZA M, SALAS RM, GÓMEZ CM: Alpha power modulation during periods with rapid oculomotor activity in human REM sleep. *NeuroReport*, 10: 17–20, 1999
- CANTERO JL, ATIENZA M, SALAS RM: Spectral features of EEG alpha activity in human REM sleep: two variants with different functional roles? *Sleep*, 23 (6): 1–5, 2000
- CARSKADON MA, RECHTSCHAFFEN A: Monitoring and staging sleep. In: KRYGER MH, ROTH T, DEMENT WC (eds.): *Principles and Practice of Sleep Medicine*, 5th edition. Philadelphia, WB Saunders Company, 1359–1377, 2005
- CASTRIOTTA, RJ, RUBMAN, S, KASS, JE: Evaluation of sleep in patients with chronic fatigue. *Sleep Research*, 21: 286, 1992
- HALASZ P, UJSZASZI J: Spectral features of evoked micro-arousals. In: TERZANO MG, HALASZ P, DECLERCK AC (eds.): *Phasic Events and Dynamic Organization of Sleep*. New York, Raven Press, 85–100, 1991
- HAURI P, HAWKINS DR: Alpha-delta sleep. *Electroencephal Clin Neurophysiol*, 34: 233–237, 1973
- HORI T: Spatiotemporal changes of EEG activity during waking-sleeping transition period. *International J Neurosc*, 27: 101–114, 1985
- HORI T, HAYASHI M, MORIKAWA T: Topographical EEG changes and the hypnagogic experience. In OGILVIE, RD, HARSH, JR (eds.): *Sleep Onset: Normal and Abnormal Processes*. Washington, American Psychological Association, 237–253, 1994
- HORNE JA, SHACKELL BS: Alpha-like EEG activity in non-REM sleep and the fibromyalgia (fibrositis) syndrome. *Electroencephal Clin Neurophysiol*, 79: 271–276, 1991
- MOLDOFSKY H, SCARISBRICK P, ENGLAND R, SMYTHE H: Musculoskeletal symptoms and non-REM sleep disturbance in patients with „fibrositis syndrome“ and healthy subjects. *Psychosom Med*, 46: 341–351, 1975
- MOLDOFSKY H, LUE FA: The relationship of alpha and delta EEG frequencies to pain and mood in „fibrositis“ patients treated with chlorpromazine and L-tryptophan. *Electroencephal Clin Neurophysiol*, 50: 71–80, 1980
- PASCUALY R, BUCHWALD D: Chronic Fatigue Syndrome and Fibromyalgia. In KRYGER MH, ROTH T, DEMENT WC (eds.): *Principles and Practice of Sleep Medicine*, 4th edition. Philadelphia, WB Saunders Company 1040–1050, 2000
- PERLIS ML, GILES DE, BOOTZIN RR, DIKMAN ZV, FLEMING GM, DRUMMOND SP, ROSE MW: Alpha sleep and information processing, perception of sleep, pain, and arousability in fibromyalgia. *Int J Neurosc*, 89: 265–280, 1997
- RECHTSCHAFFEN A, KALES A (eds.): *A manual of standardized terminology, techniques and scoring systems for sleep stages of human subjects*. Washington DC.: Public Health Service, NIH Publication No. 204, US Government Printing Office, 1968
- SCHEULER W, STINSHOFF D, KUBICKI S: The alpha-sleep pattern. Differentiation from other sleep patterns and effect of hypnotics. *Neuropsychobiol*, 10: 183–189, 1983
- SCHMIDT H, TORELLO MW: The use of quantitative EEG in the analysis of excessive waking alpha activity: A case report with alpha intrusion in sleep. *Sleep Research*, 10: 183–189, 1991
- SCHNEIDER-HELMERT D, KUMAR A: Sleep, its subjective perception, and daytime performance in insomniacs with pattern of alpha sleep. *Biol Psychiat*, 37: 99–105, 1995
- STAMPI C, STONE P, MICHIMORI A: The alpha attenuation test: a new quantitative method for assessing sleepiness and its relationship to the MSLT. *Sleep Research*, 22: 115, 1993
- TAMAKI M, NITTONO H, HAYASHI M, HORI T: Examination of the first-night effect during the sleep-onset period. *Sleep*, 28(2): 195–202, 2005
- The Atlas Task Force: EEG-Arousals: scoring rules and examples. A preliminary report from the sleep disorders Atlas Task Force of the American Sleep Disorders Association. *Sleep*, 15(2): 173–184, 1992
- WRIGHT KP, BADIA P, WAUQUIER A: Topographical and temporal patterns of brain activity during the transition from wakefulness to sleep. *Sleep*, 18(10): 880–889, 1995
- ZSCHOCKE S: *Klinische Elektroenzephalographie*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 2002

Abbildungen

In allen Abbildungen sind 30-Sekunden-Epochen aus polysomnographischen Ableitungen dargestellt. Von oben nach unten: EOG links, EOG rechts; Muskulus submentalis; C3/A2, C4/A1. Alpha-Aktivität wird in C3/A2 durch eine schwarze horizontale Linie unterhalb und in C4/A1 durch eine schwarze Linie oberhalb des Kanals hervorgehoben. Zwischen den Kanälen C3/A2 und C4/A1 befindet sich am rechten Rand der jeweiligen Epochen ein vertikaler Balken, der die Eichzacke (75 μ V) symbolisiert. Die vertikalen Hintergrundlinien markieren jeweils eine Sekunde.

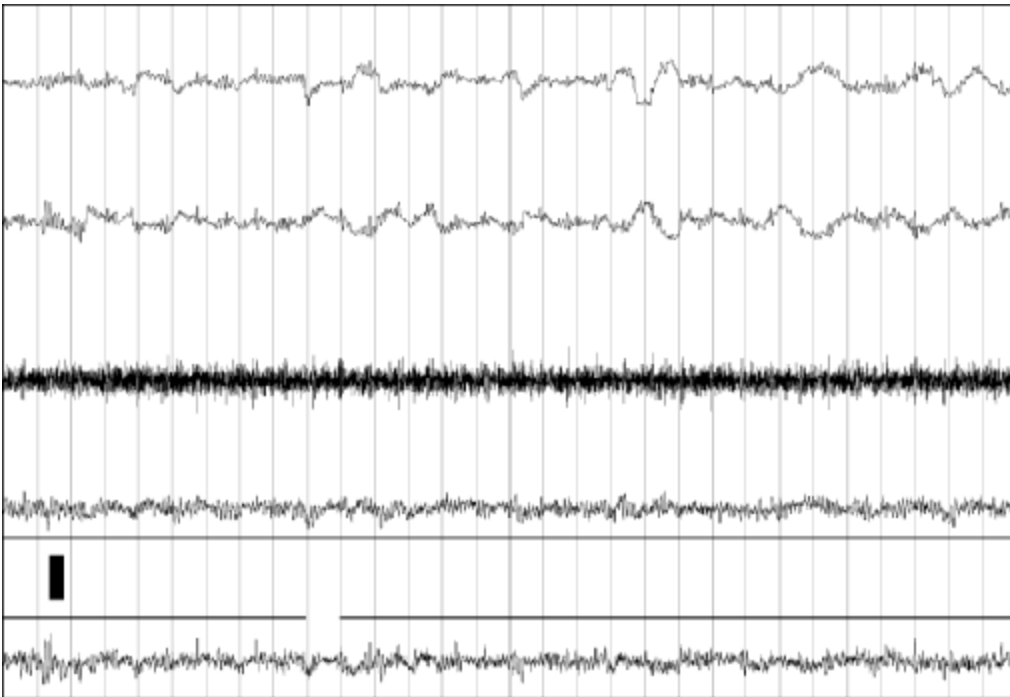


Abb. 1: Im Kanal C3/A2 tritt durchgehend Alpha-Rhythmus auf, wohingegen im Kanal C4/A1 eine Beta-Einstreuung von etwa einer Sekunde Dauer bei ansonsten dominierender Alpha-Aktivität auftritt.

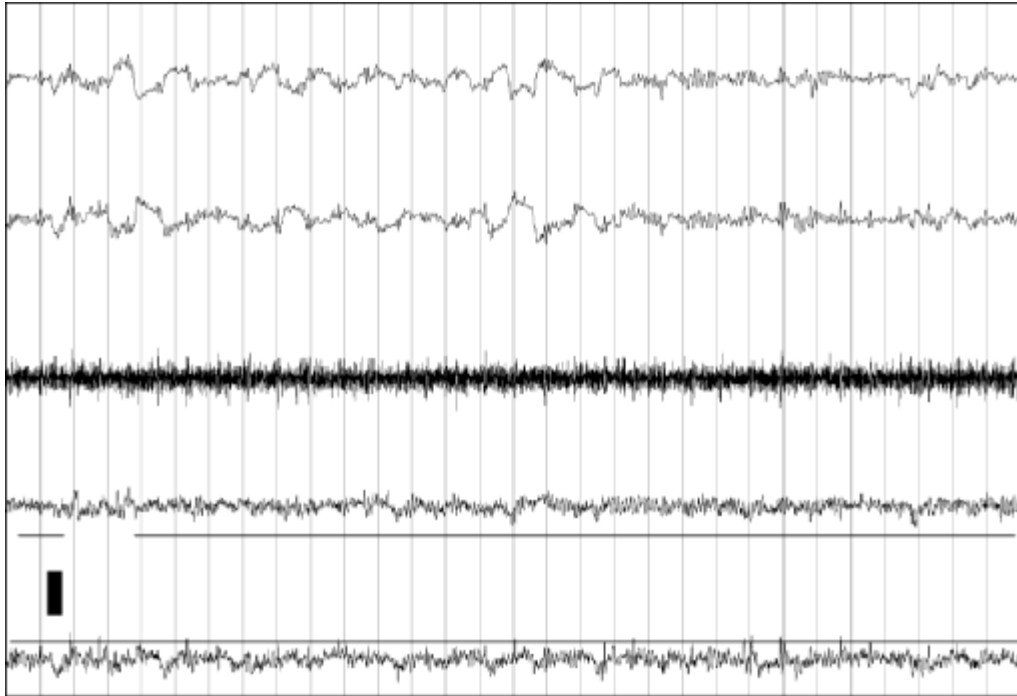


Abb. 2: Im Kanal C4/A1 tritt durchgängig Alpha-Aktivität auf. Während der kurzen Unterbrechung der Alpha-Aktivität im Kanal C3/A2 werden Überlagerungen durch EOG-Artefakte registriert.

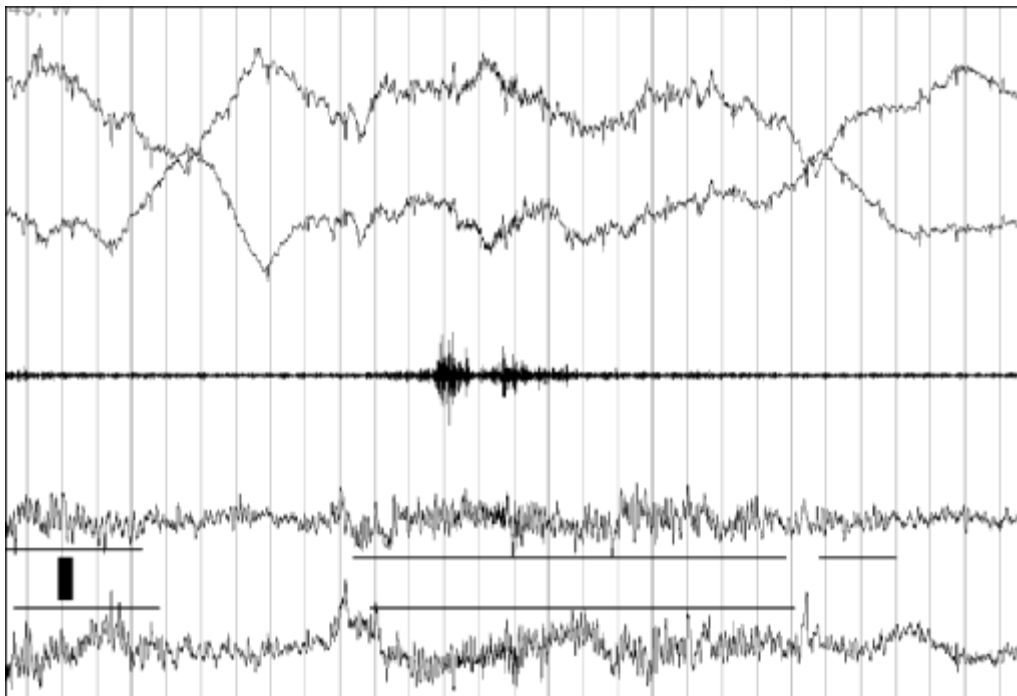


Abb. 3: Alpha-Aktivität beim Wach-Schlaf-Übergang. Insgesamt überwiegt sowohl in C3/A2 als auch in C4/A1 Alpha-Frequenz, so dass hier Stadium „Wach“ nach RECHTSCHAFFEN und KALES (1968) klassifiziert werden muss.

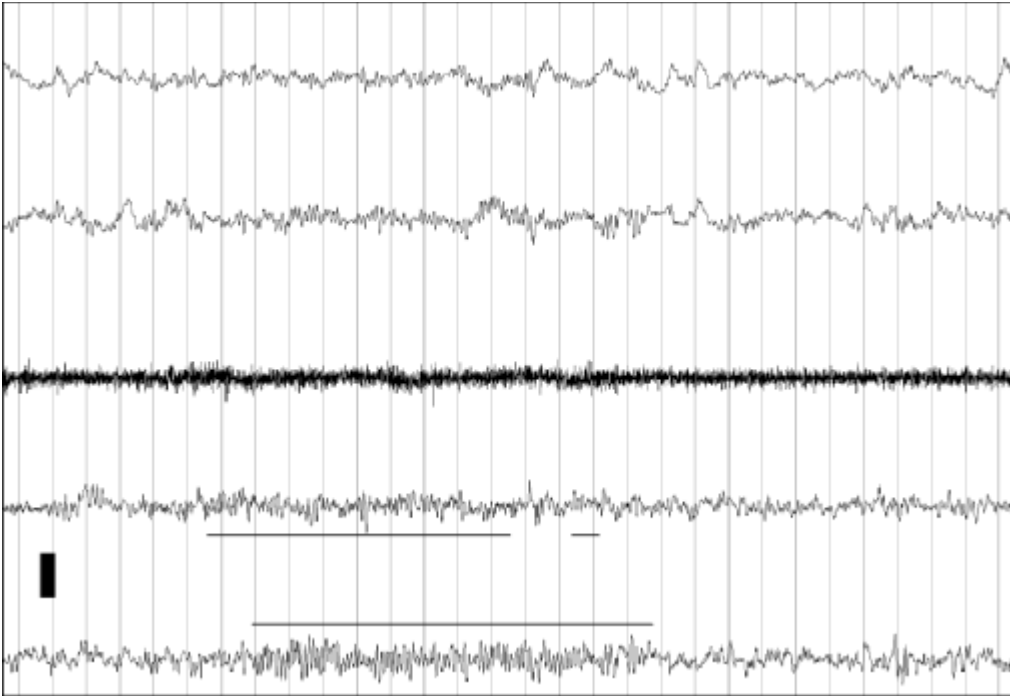


Abb. 4: Alpha-Aktivität beim Wach-Schlaf-Übergang. Insgesamt überwiegt in beiden Kanälen Theta-Frequenz, so dass hier bereits Schlafstadium 1 nach RECHTSCHAFFEN und KALES (1968) klassifiziert werden muss.

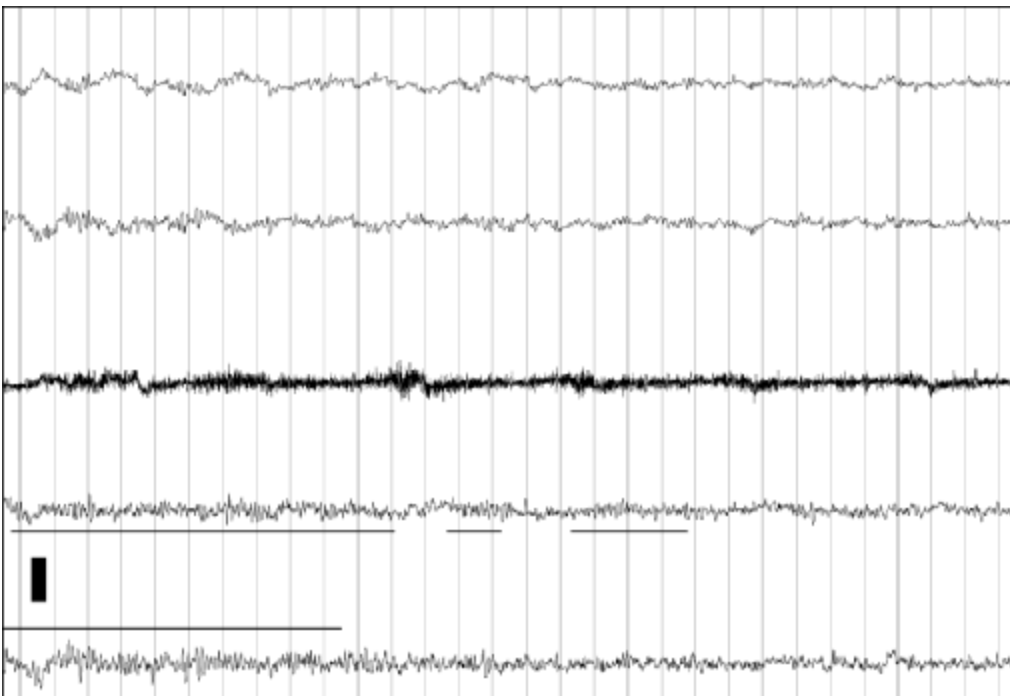


Abb. 5: Im Kanal C3/A2 überwiegt Alpha-Aktivität, wohingegen im Kanal C4/A1 Theta-Aktivität dominiert. Richtet sich die Schlafstadienanalyse nach C3/A1, ist Stadium Wach nach RECHTSCHAFFEN und KALES (1968) zu klassifizieren. Richtet sich die Analyse nach Kanal C4/A1, muss hingegen Schlafstadium 1 vergeben werden.