

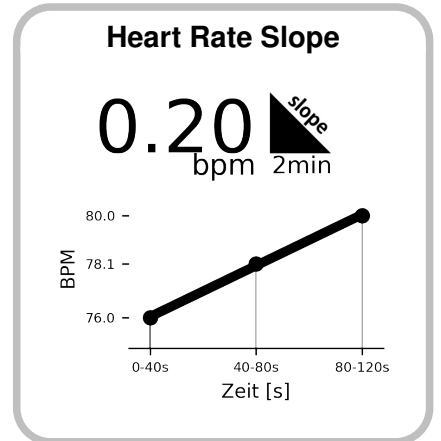
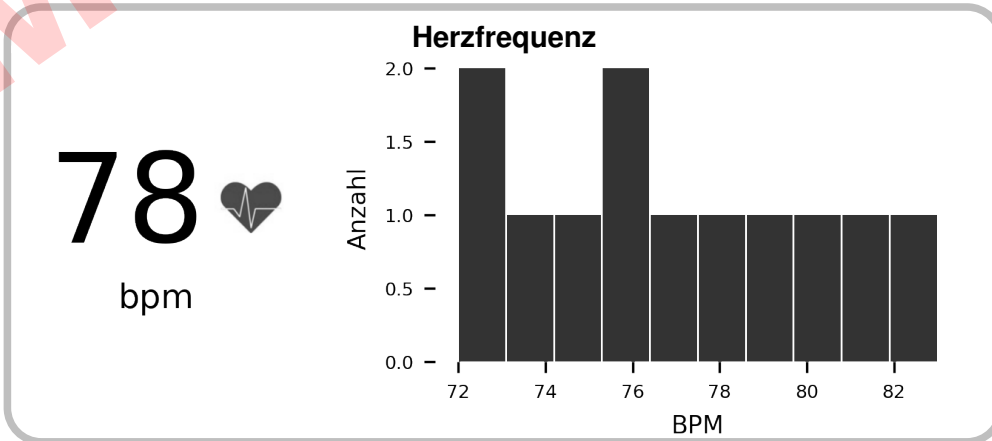
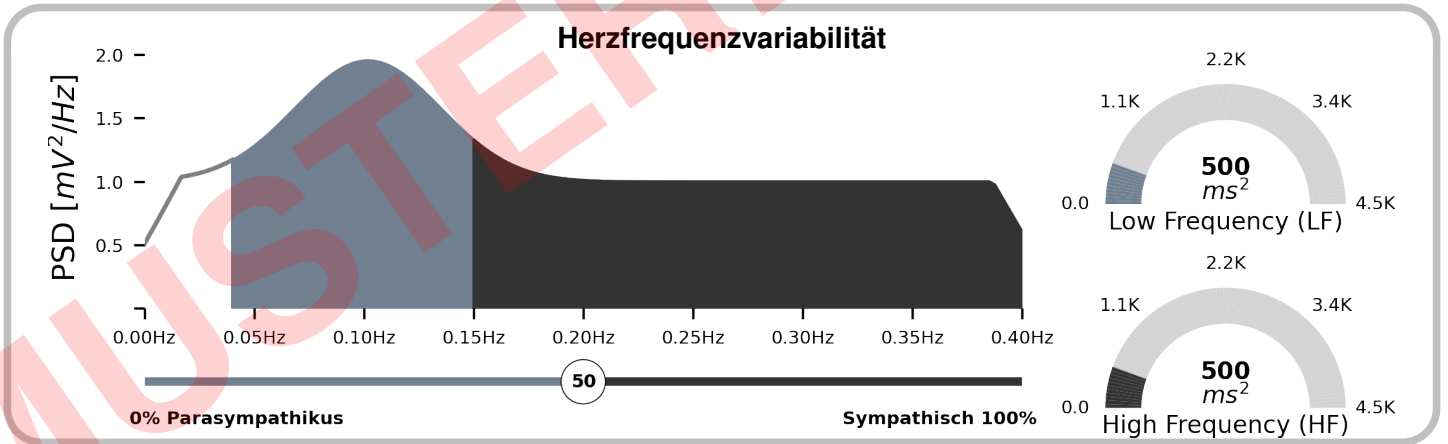
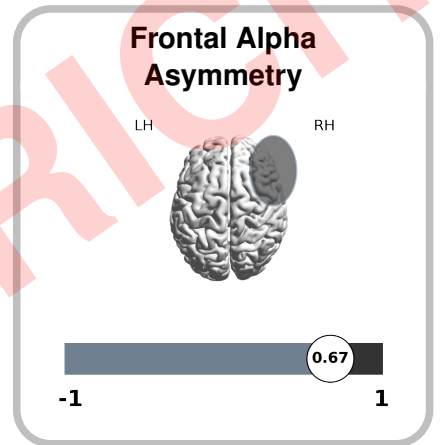
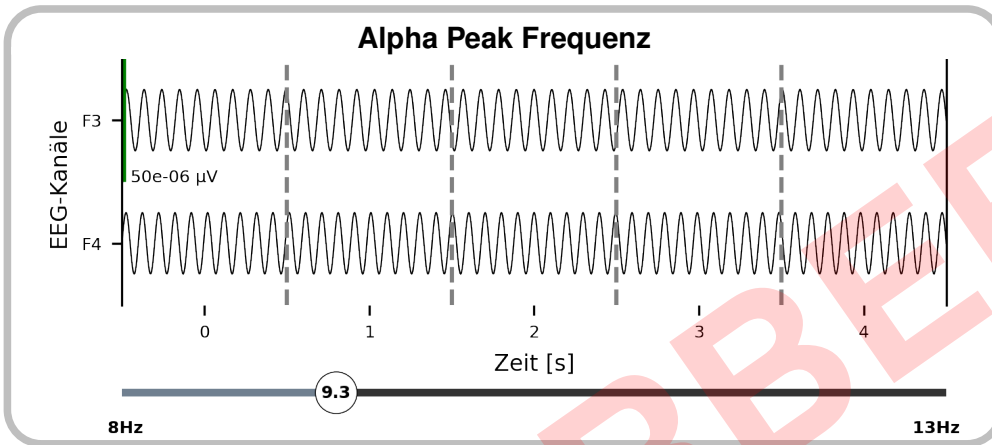
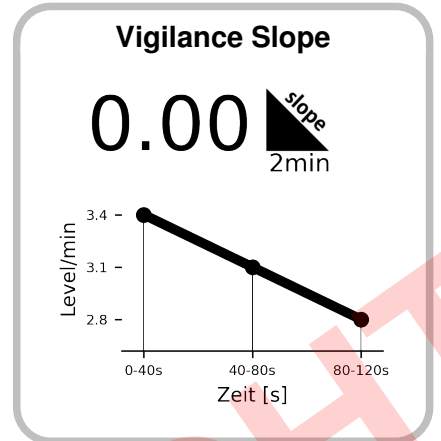
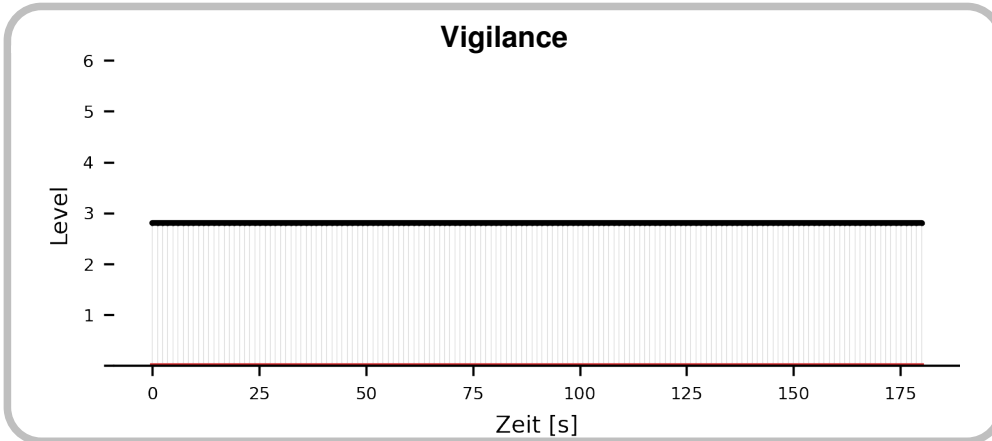
EEG- und EKG-Biomarker-Bericht

- Dieser Bericht darf nur von qualifizierten Mediziner/innen verwendet werden.
- Dieser Bericht hat den Zweck, die Entscheidungsfindung im Rahmen der für einen/eine Patient/in bereits indizierten Behandlungsmöglichkeiten zu verbessern.
- Dieser Bericht ist ausschliesslich für erwachsene Patienten geeignet.

- Dieser Bericht enthält keine Bewertung der Verträglichkeit der Behandlung, sofern nicht ausdrücklich anders vermerkt.
- Dieser Bericht soll nicht verwendet werden, um zu entscheiden, ob sich ein/e Patient/in einer Behandlung unterziehen sollte. Er soll auch nicht verwendet werden, um festzustellen, ob eine Behandlung für einen/eine Patient/in indiziert oder kontraindiziert ist.
- Dieser Bericht soll nicht bei neurologischen Pathologien, Kopfhautanomalien, Kopfverletzungen (im EEG) oder kardialen Pathologien (im EKG) verwendet werden.
- Dieser Bericht soll nicht zur Beurteilung von Diagnosen, zur Überwachung der Vitalparameter oder in Situationen verwendet werden, in denen die gemessenen Parameter eine unmittelbare Gefahr für den/die Patient/in darstellen könnten.

Zusammenfassung der Korrelationen von Biomarkern

Condition	Behandlung	Korrelation
Depression	SSRI	Geringeres Ansprechen im Vergleich zu SNRI Vigilanz-Regulation 2min
	SNRI	Höheres Ansprechen im Vergleich zu SSRI Vigilanz-Regulation 2min
	rTMS	10Hz über linkem DLPFC zeigt geringeres Ansprechen als 1Hz über rechtem DLPFC Alpha Peak Frequenz (APF)
	Ketamin (oral/i.v.)	Erhöhtes Ansprechen auf Ketamin Herzrate (BPM), Vigilanz-Regulierung A1-Stufen
	EKT	Erhöhtes Ansprechen bei EKT bei gleichzeitig geringerer Nebenwirkungsrate Alpha Peak Frequenz (APF)



Biomarker-Werte

	Wert (erste 2min)	Normwerte (2 SD)
EEG:		
Alpha Peak Frequenz (APF) (Hz)	9.3	(8.0 – 11.7)
Frontale Alpha Asymmetrie (FAA)	0.7*	(-0.3 – 0.3)
qEEG Alpha (μV^2)	8.37	(0.0 – 144.0)
qEEG Beta (μV^2)	111.42*	(0.0 – 16.0)
qEEG Delta (μV^2)	14.36	(0.0 – 16.0)
qEEG Gamma1 (μV^2)	4.0*	(0.0 – 2.0)
qEEG Gamma2 (μV^2)	5.11*	(0.0 – 0.2)
qEEG Theta (μV^2)	42.11*	(0.0 – 32.0)
Langsamer Grundrhythmus	Ja	–
Vigilanz-Regulation: Stadium 0 (%)	20.0	(0.0 – 75.0)
Vigilanz-Regulierung A1-Stufen (%)	88.0	–
Vigilanz-Level (Level)	1.0*	(2.2 – 6.0)
Vigilanz Durchschnitt (Level)	3.1	(2.24 – 6.0)
Vigilanz-Regulation 2min (Level/min)	0.0	(-0.5 – 0.4)
Vigilanz-Regulation 9.9min (Level/min)	0.0	–
EKG:		
Herzrate (BPM) (beats/min)	78.0*	(53.0 – 76.0)
Herzratenregulation (BPM Steigung) (beats/min ²)	0.2	(-2.91 – 2.73)
Absolute HRV Power (ms ²)	4512.0	(0.0 – 8011.0)
Parasympathikus Aktivität (HF) (ms ²)	500.0	(0.0 – 4320.0)
Sympathikus Aktivität (LF) (ms ²)	500.0	(0.0 – 4242.0)
Relative Sympathische Aktivität (LFnu) (%)	39.0	(7.0 – 96.0)

Analyse Merkmale

- **EEG:** Analyse erfolgreich abgeschlossen. **ECG:** Analyse erfolgreich abgeschlossen.
- Kanal F4 wurden durch Interpolation ermittelt.
- Alle Biomarker wurden erfolgreich berechnet.

Datum der Aufnahme: 01.01.2021

Abtastfrequenz: 256 Hz

Gesamtdauer der Aufnahme: 600s (10.0min) Analyse Intervall: 8s – 600s (9.9min)

Anzahl von Kanälen: 24 Kanal-Typen: EEG(21) ECG(1) EOG(2)
 EOG-Kanal: EOG (POL V1 – POL V2)

Anzahl der Epochen: 180 **Epochen mit Artefakten: 36 (20.0%)**

EKG-Peaks: 97 Korrigierte Peaks: 4

Interpretationen

EEG

- **Alpha Peak Frequenz (APF) [2, 3, 5, 19, 26]** In diesem EEG zeigt sich eine niedrige Alpha-Peak-Frequenz. Bei Depressionen können 1Hz TMS Protokolle über dem rDLPFC wirksamer sein als 10Hz Protokolle über dem linken DLPFC. Es zeigt sich ausserdem eine positive Korrelation mit dem Ansprechen auf Sertralin. EKT Therapie zeigt besonders gutes Ansprechen bei niedriger APF. Im Falle von ADHS gibt es Hinweise, dass Biofeedbackverfahren wirkungsvoller sein könnten, als Methylphenidat. (Evidenzgrad 2)
- **Frontale Alpha Asymmetrie (FAA) [13, 24, 25]** In diesem EEG zeigt sich eine rechtsfrontale Dominanz der Alpha-Aktivität. In diesem Fall zeigen weibliche Patientinnen mit Depressionen ein verbessertes Ansprechen auf SSRIs. (Evidenzgrad 2)
- **Langsamer Grundrhythmus [1]** In diesem EEG zeigt sich eine pathologisch niedrige Grundrhythmusfrequenz. Eine stark verlangsamte Grundfrequenz in diesem Fall ist ein Zeichen für pathologische Aktivität mit einer organischen Ursache, z.B. Demenz oder Delir. Ein Grundrhythmus unter 8 Hz wie in diesem EEG ist assoziiert worden mit einer besseren Response depressiver Syndrome auf Sertralin im Vergleich mit Escitalopram oder Venlafaxin. (Evidenzgrad 2)
- **Prozent Vigilanzstadium 0 [6]** In diesem EEG liegt eine niedrige Anzahl an EEG-Vigilanzstadien 0 vor. In diesem Fall Korrelation mit einem wahrscheinlicheren Ansprechen auf kombinierte SSRI mit kognitive Verhaltenstherapie bei Zwangsstörungen im Vergleich zu SSRI oder KVT allein. (Evidenzgrad 2)
- **Prozent Vigilanzstadium A1 [11]** In diesem EEG liegt eine hohe Anzahl an EEG-Vigilanzstadien A1 vor. Ein hoher Prozentsatz der EEG-Vigilanzstadien A1 in diesem Fall geht mit einer höheren Wahrscheinlichkeit einher, auf i.v. Ketamin und orales Ketamin zu respondieren. (Evidenzgrad 2)
- **Vigilance Level [23]** In diesem EEG zeigt sich ein niedriges Vigilanzniveau. Wie in diesem Fall können niedrige Vigilanzlevel assoziiert sein erhöhter Wahrscheinlichkeit der Remission der Depression bei SSRI Behandlung. (Evidenzgrad 2)
- **Vigilanz Regulation 2min [12, 18, 20]** In diesem EEG zeigt sich während der ersten 2 Minuten eine Zunahme oder ausbleibende Abnahme der Vigilanz. Für diesen Fall zeigt die Literatur ein geringeres Ansprechen bei Depressionen auf SSRIs und SNRIs können wirksamer sein. (Evidenzgrad 2)
- **Vigilanz Regulation [8, 9, 10, 12, 16, 17, 22, 23]** In diesem EEG zeigt sich im Analyseintervall von (9.9min) kein Vigilanzabfall. Das wird häufig bei PatientInnen beobachtet mit einer Depression oder Zwangsstörung. In diesem Fall weniger wahrscheinliche Remission einer Depression bei Behandlung mit SSRIs. (Evidenzgrad 2)

EKG

- **Herzrate (BPM) [14]** In diesem EKG zeigt sich eine erhöhte Herzfrequenz. In diesem Fall Korrelation mit besserem Ansprechen auf Ketamin (i.v.) bei Depressionen. (Evidenzgrad 2)
- **Herzratenregulation (BPM Steigung) [18]** In diesem EKG zeigt sich ein Abfall oder nur geringer Anstieg der Herzfrequenz. In diesem Fall besteht bei Depression eine Korrelation mit geringerer Ansprechwahrscheinlichkeit auf Venlafaxin (SNRI). SSRIs können wirksamer sein. (Evidenzgrad 2)
- **Summe der sympathischen und parasympathischen Aktivität [14]** In diesem EKG zeigt sich eine hohe generelle Aktivität des autonomen Nervensystems. In diesem Fall kein Anzeichen für gutes Ansprechen auf Ketamin (i.v.) bei Depression. (Evidenzgrad 2)
- **Absolute Parasympathische Aktivierung [15]** In diesem EKG zeigt sich eine hohe absolute parasympathische Aktivierung. In diesem Fall kein Anzeichen einer guten Response auf SSRIs, KVT oder einer Kombination bei Zwangsstörungen. (Evidenzgrad 2)
- **Absolute Sympathische Aktivierung [21]** In diesem EKG zeigt sich eine normale absolute sympathische Aktivierung. Im Vergleich zur durchschnittlichen Bevölkerung zeigt sich in diesem Fall eine normale absolute sympathische Aktivität.
- **Relative Sympathisch/Parasympathische Aktivierung [7]** In diesem EKG zeigt sich eine Verschiebung in Richtung Parasympathikus. Dieser Fall ist nicht mit einer speziellen Behandlungsempfehlung assoziiert. (Evidenzgrad 2)

Referenzen

- [1] Arns, M., Gordon, E., & Boutros, N. N. (2017). EEG abnormalities are associated with poorer depressive symptom outcomes with escitalopram and venlafaxine-XR, but not sertraline: results from the multicenter randomized iSPOT-D study. *Clinical EEG and Neuroscience*, 48(1), 33-40.
- [2] Arns, Martijn, Madelon A. Vollebregt, Donna Palmer, Chris Spooner, Evian Gordon, Michael Kohn, Simon Clarke, Glen R. Elliott, and Jan K. Buitelaar. 2018. „Electroencephalographic Biomarkers as Predictors of Methylphenidate Response in Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder“. *European Neuropsychopharmacology: The Journal of the European College of Neuropsychopharmacology* 28 (8): 881–91. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2018.06.002>.
- [3] Arns, Martijn. 2012. „EEG-based personalized medicine in ADHD: Individual alpha peak frequency as an endophenotype associated with nonresponse“. *Journal of Neurotherapy* 16: 123–41.
- [4] Badrakalimuthu, V. R., Swamiraju, R., & de Waal, H. (2011). EEG in psychiatric practice: to do or not to do?. *Advances in psychiatric treatment*, 17(2), 114-121.
- [5] Corlier, J., Carpenter, L. L., Wilson, A. C., Tirrell, E., Gobin, A. P., Kavanaugh, B., & Leuchter, A. F. (2019). The relationship between individual alpha peak frequency and clinical outcome with repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) treatment of major depressive disorder (MDD). *Brain stimulation*, 12(6), 1572-1578. ;
- [6] Dohrmann, A. L., Stengler, K., Jahn, I., & Olbrich, S. (2017). EEG-arousal regulation as predictor of treatment response in patients suffering from obsessive compulsive disorder. *Clinical Neurophysiology*, 128(10), 1906-1914.
- [7] Ferreira-Garcia, R., de Abreu Costa, M., Goncalves, F. G., de Nonohay, R. G., Nardi, A. E., da Rocha Freire, R. C., & Manfro, G. G. (2021). Heart rate variability: A biomarker of selective response to mindfulness-based treatment versus fluoxetine in generalized anxiety disorder. *Journal of Affective Disorders*, 295, 1087-1092.
- [8] Geissler, J., Romanos, M., Hegerl, U., & Hensch, T. (2014). Hyperactivity and sensation seeking as autoregulatory attempts to stabilize brain arousal in ADHD and mania?. *ADHD Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 6, 159-173.
- [9] Hegerl, U., & Hensch, T. (2014). The vigilance regulation model of affective disorders and ADHD. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 44, 45-57.
- [10] Hegerl, U., Stein, M., Mulert, C., Mergl, R., Olbrich, S., Dichgans, E., ... & Pogarell, O. (2008). EEG-vigilance differences between patients with borderline personality disorder, patients with obsessive-compulsive disorder and healthy controls. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 258, 137-143.
- [11] Ip, C. T., de Bardeci, M., Kronenberg, G., Pinborg, L. H., Seifritz, E., Brunovsky, M., & Olbrich, S. (2024). EEG-vigilance regulation is associated with and predicts ketamine response in major depressive disorder. *Translational psychiatry*, 14(1), 64.
- [12] Ip, C. T., Ganz, M., Dam, V. H., Ozenne, B., Rüesch, A., Köhler-Forsberg, K., ... & Olbrich, S. (2021). NeuroPharm study: EEG wakefulness regulation as a biomarker in MDD. *Journal of Psychiatric Research*, 141, 57-65.
- [13] Ip, C. T., Olbrich, S., Ganz, M., Ozenne, B., Köhler-Forsberg, K., Dam, V. H., ... & Knudsen, G. M. (2021). Pretreatment qEEG biomarkers for predicting pharmacological treatment outcome in major depressive disorder: Independent validation from the NeuroPharm study. *European Neuropsychopharmacology*, 49, 101-112.
- [14] Meyer, T., Brunovsky, M., Horacek, J., Novak, T., Andrashko, V., Seifritz, E., & Olbrich, S. (2021). Predictive value of heart rate in treatment of major depression with ketamine in two controlled trials. *Clinical Neurophysiology*, 132(6), 1339-1346.
- [15] Olbrich, H., Jahn, I., Stengler, K., Seifritz, E., & Colla, M. (2022). Heart rate variability in obsessive compulsive disorder in comparison to healthy controls and as predictor of treatment response. *Clinical Neurophysiology*, 138, 123-131.
- [16] Olbrich, S., Sander, C., Jahn, I., Eplinius, F., Claus, S., Mergl, R., ... & Hegerl, U. (2012). Unstable EEG-vigilance in patients with cancer-related fatigue (CRF) in comparison to healthy controls. *The World Journal of Biological Psychiatry*, 13(2), 146-152.
- [17] Olbrich, S., Sander, C., Minkwitz, J., Chittka, T., Mergl, R., Hegerl, U., & Himmerich, H. (2012). EEG vigilance regulation patterns and their discriminative power to separate patients with major depression from healthy controls. *Neuropsychobiology*, 65(4), 188-194.
- [18] Olbrich, S., Tränkner, A., Surova, G., Gevirtz, R., Gordon, E., Hegerl, U., & Arns, M. (2016). CNS-and ANS-arousal predict response to antidepressant medication: Findings from the randomized iSPOT-D study. *Journal of psychiatric research*, 73, 108-115.

- [19] Roelofs, C. L., Krepel, N., Corlier, J., Carpenter, L. L., Fitzgerald, P. B., Daskalakis, Z. J., ... & Arns, M. (2021). Individual alpha frequency proximity associated with repetitive transcranial magnetic stimulation outcome: An independent replication study from the ICON-DB consortium. *Clinical Neurophysiology*, 132(2), 643-649.
- [20] Rüesch, A., de Araujo, T. V., Bankwitz, A., Hörmann, C., Adank, A., Ip, C. T., ... & Olbrich, S. (2023). A recent suicide attempt and the heartbeat: Electrophysiological findings from a trans-diagnostic cohort of patients and healthy controls. *Journal of psychiatric research*, 157, 257-263.
- [21] Schumann, A., & Bär, K. (2021). Autonomic Aging: A dataset to quantify changes of cardiovascular autonomic function during healthy aging (version 1.0.0). *PhysioNet*. <https://doi.org/10.13026/2hsy-t491>.
- [22] Stoppe, M., Meyer, K., Schlingmann, M., Olbrich, S., & Bergh, F. T. (2019). Hyperstable arousal regulation in multiple sclerosis. *Psychoneuroendocrinology*, 110, 104417.
- [23] Ulke, C., Wittekind, D. A., Spada, J., Franik, K., Jawinski, P., Hensch, T., & Hegerl, U. (2019). Brain arousal regulation in SSRI-medicated patients with major depression. *Journal of psychiatric research*, 108, 34-39.
- [24] van der Vinne, N., Vollebregt, M. A., Rush, A. J., Eebes, M., van Putten, M. J., & Arns, M. (2021). EEG biomarker informed prescription of antidepressants in MDD: a feasibility trial. *European Neuropsychopharmacology*, 44, 14-22.
- [25] van der Vinne, N., Vollebregt, M. A., van Putten, M. J., & Arns, M. (2019). Stability of frontal alpha asymmetry in depressed patients during antidepressant treatment. *NeuroImage: Clinical*, 24, 102056.
- [26] Voetterl, H. T., Sack, A. T., Olbrich, S., Stuiver, S., Rouwhorst, R., Prentice, A., ... & Arns, M. (2023). Alpha peak frequency-based Brainmarker-I as a method to stratify to pharmacotherapy and brain stimulation treatments in depression. *Nature Mental Health*, 1(12), 1023-1032.