

Time-Delay-Stability Analyse als neuer diagnostischer Marker in der Schlafmedizin

Christoph Jansen^{1,2}, Stefanie Breuer¹, Dagmar Krefting¹

¹Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, ²Charité – Universitätsmedizin Berlin
Christoph.Jansen@htw-berlin.de, Stefanie.Breuer@student.htw-berlin.de

Physiologische Netzwerke

Die Betrachtung der menschlichen Physiologie als Netzwerk verschiedener Organsysteme eröffnet neue Analysemethoden. Insbesondere die Vernetzungsdynamik der einzelnen Organsysteme in verschiedenen physiologischen Zuständen ist ein interessanter Ansatzpunkt [1]. Das Verfahren erlaubt es, alle durch Biosignale repräsentierten Organsysteme miteinander in Beziehung zu setzen.

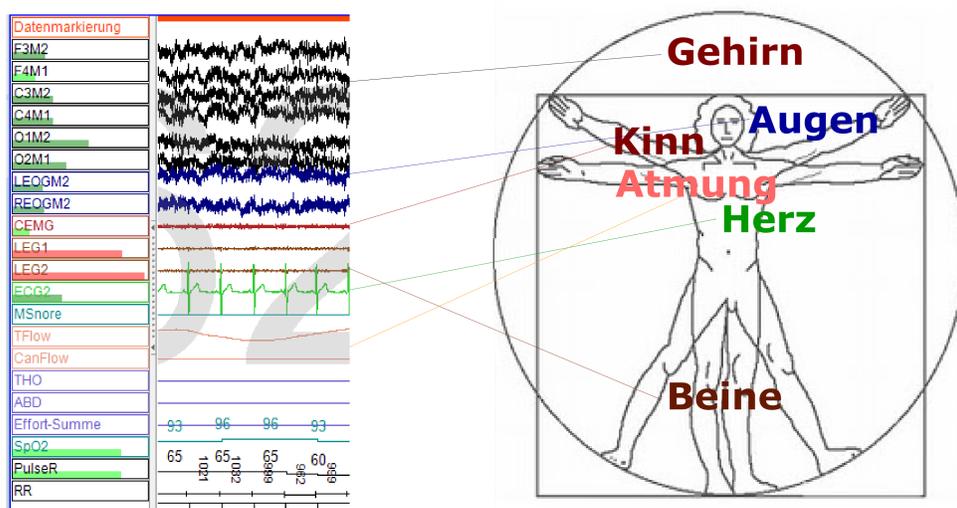


Abb 1: Durch eine Polysomnographie erfassbare Organsysteme.

Time Delay Stability

Der binäre Vernetzungszustand zwischen zwei Signalen wird über die zeitliche Stabilität des Zeitversatzes τ_m des höchsten Kreuzkorrelationskoeffizienten $R_{xy}(\tau)$, \max bestimmt. Dazu wird τ_m für überlappende Signalsegmente mit fester Fensterlänge berechnet. Ist τ_m über mehrere Fenster konstant, so gelten die unterliegenden Systeme als vernetzt. Die Vernetzungsstärke zwischen zwei Systemen wird prozentual im Verhältnis zur Signallänge ermittelt.

Mittlere Vernetzungsstärken

Im Wachzustand und Leichtschlaf sind die Systeme am stärksten miteinander verbunden, während die Vernetzungsstärke im Tiefschlaf sehr gering ist und im REM-Schlaf dazwischen liegt.

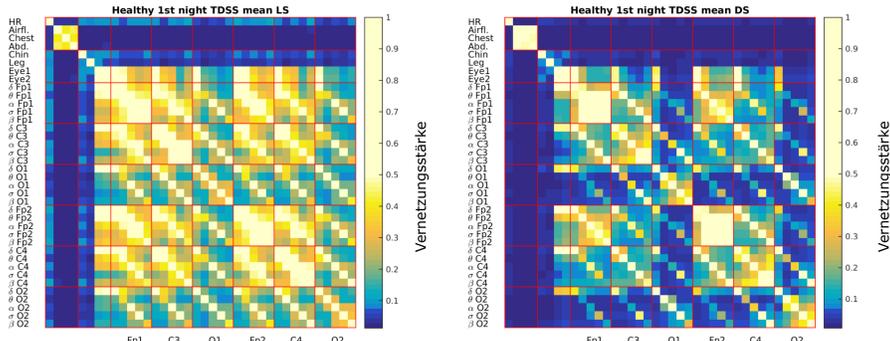


Abb 2: Vernetzungsstärken im Wachzustand (links) und Tiefschlaf (rechts).

Datenbasis

Es wurden 391 Polysomnographien der 197 gesunden Probanden aus der SIESTA-Studie [2] analysiert. Als Signale wurden jeweils 5 Frequenzbänder von 6 EEG, die Varianz von jeweils 2 EMG und EOG sowie Herz-, bzw. Atemfrequenz von 1 EKG und 3 Atemsignalen verwendet.

Robustheit gegenüber Artefakten

Nach Entfernung der Artefakte aus dem Untersuchungsdatensatz und erneuter Anwendung der Time-Delay-Stability (TDS) Analyse verringert sich die Vernetzungsstärke im Wachzustand um maximal 11 %. Dies kann auf die erhöhte Bewegung während dieser Schlafphase und dadurch hervorgerufene Bewegungsartefakte zurückgeführt werden. Alle anderen Schlafphasen weisen keine signifikanten Abweichungen auf. Die TDS stellt daher ein robustes Verfahren zum Vergleich von Signalen dar.

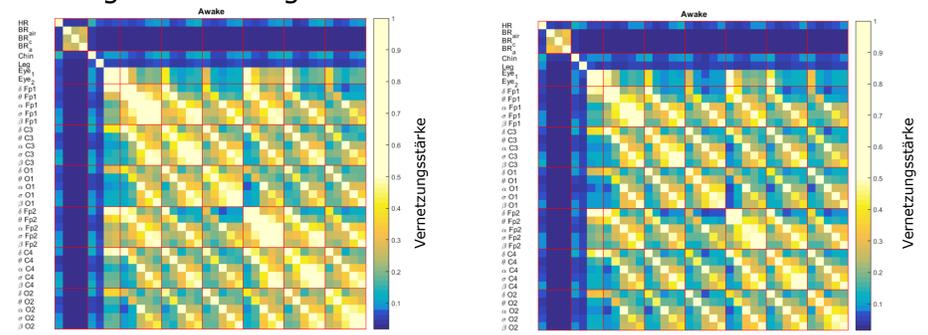


Abb 3: Gemittelte Vernetzungsstärke vor (links) und nach Artefaktentfernung (rechts).

Analyse von Schlafstörungen

Geplant ist eine Analyse von Schlafstörungen durch ein zweistufiges Verfahren.

1. Künstliche neuronale Netze (KNN) zur Klassifikation (Unterscheidung von Schlafstörungen) oder Regression (Apnoe-Index) trainieren.
2. Analyse der gewichteten Verbindungen der fertig trainierten Netze zur Quantifizierung der Relevanz verschiedener Eingabewerte.

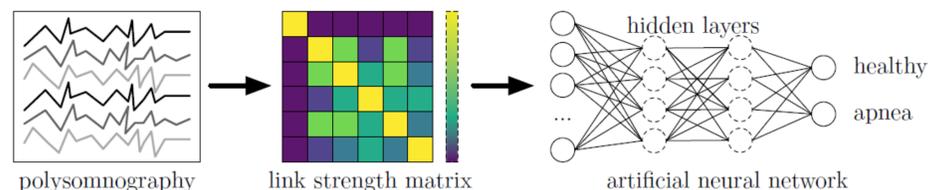


Abb 4: Ablauf des Analyseverfahrens.

Ziele

Durch das Training von KNN entstehen Verfahren, die anhand von Polysomnographiedaten Schlafstörungen eines Patienten erkennen können. Durch die Verarbeitung vorhandener Datensätze soll bestimmt werden, welche Organsysteme Auswirkungen auf die Schlafstörungen haben.

Erste Klassifikationsergebnisse

- Datensätze der Siesta-Studie (391 aus gesunder Kontrollgruppe, 97 von Schlafapnoe-Patienten)
- Vorverarbeitung mit TDS
- Trainieren eines KNN zur Klassifikation von Schlafapnoe

Vorläufiges Ergebnis [3]: 97,96% Genauigkeit

Zur Ermittlung eines optimalen KNN wurden 942 Permutationen der KNN-Hyperparameter in einem Server-Cluster berechnet:

- Input-Layer: 2812 Neurons; Dropout 0.1
- Hidden-Layer 1: 256 Neurons; Dropout 0.0
- Hidden-Layer 2: 256 Neurons; Dropout 0.25
- Output-Layer: 2 Neurons

[1] A. Bashan et al., "Network physiology reveals relations between network topology and physiological function," Nature Communications, 2012.

[2] G. Klösch et al., "The SIESTA project polygraphic and clinical database," IEEE Eng Med Biol Mag, 2001.

[3] Christoph Jansen, Michael Witt, Dagmar Krefting: Employing Docker Swarm on OpenStack for Biomedical Analysis. In: Computational Science and Its Applications -- ICCSA 2016

Die Arbeit wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen des ZIM-Projektes BeCRF (KF3470401BZ4) und der Promotions-Förderung HTW Booster unterstützt.