

Forschungsbericht

Analyse von Schlaflabordaten

Prof. Dr. Eckhard Schmittendorf
Fachbereich Ingenieurwissenschaften
Wilhelmshaven

Zusammenfassung

Die im Rahmen eines Forschungssemesters an der *Simon Fraser University* in Vancouver, Kanada begonnenen Arbeiten zur automatischen Analyse von Schlaflabordaten wurden im Wintersemester 2005/06 erfolgreich weiterentwickelt.

Ziel der Arbeiten ist es, wesentliche diagnostische Aussagen, die im Schlaflabor auf aufwändige und kostenintensive Weise ermittelt werden, aus einfacher zugänglichen Signalen abzuleiten. Einen ersten Schwerpunkt bildet die Analyse von Oximetrie-Daten die auf ihre Eignung für ein Screening bzgl. obstruktiver Schlaf-Apnoen (*Obstructive Sleep Apnea*, OSA), der mit Abstand häufigsten Schlafstörung, untersucht werden.

Als Kooperationspartner vor Ort konnte die M&M HNO-Klinik in Wilhelmshaven gewonnen werden. Die weitere Zusammenarbeit wurde in einem Letter-of-Intent festgelegt. Gemeinsam mit der HNO-Klinik und dem Hersteller Weinmann wurde eine Informationsveranstaltung zum Thema Schlafmedizin realisiert, die auf ein unerwartet großes Interesse stieß.

Inhaltlich konnte gemeinsam mit dem kanadischen Kooperationspartner eine eigene Software zur Verarbeitung von Polysomnographiedaten entwickelt werden. Erste Algorithmen zur automatischen Analyse der Daten, die auf Prinzipien der Fuzzy-Logic aufsetzen, wurden implementiert.

Der Stand der Arbeiten wurde in einem Beitrag zur Tagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik veröffentlicht.

Schlaf und Schlafstörungen

Schlafstörungen und schlafbezogene Erkrankungen zählen zu den häufigsten Krankheitsbildern der modernen Gesellschaft. Der *International Code of Sleep Disorders* (ICSD) definiert mehr als 80 verschiedene Krankheitsbilder. Definition und Diagnose beziehen sich dabei zumeist auf Daten, die im Rahmen der Polysomnographie in einem Schlaflabor gewonnen werden. Dabei werden über Nacht verschiedene Biosignale wie EEG, EKG, EMG, Sauerstoffsättigung, Atemfluss und Atemanstrengung aufgezeichnet (siehe Abb.).



Polysomnographie

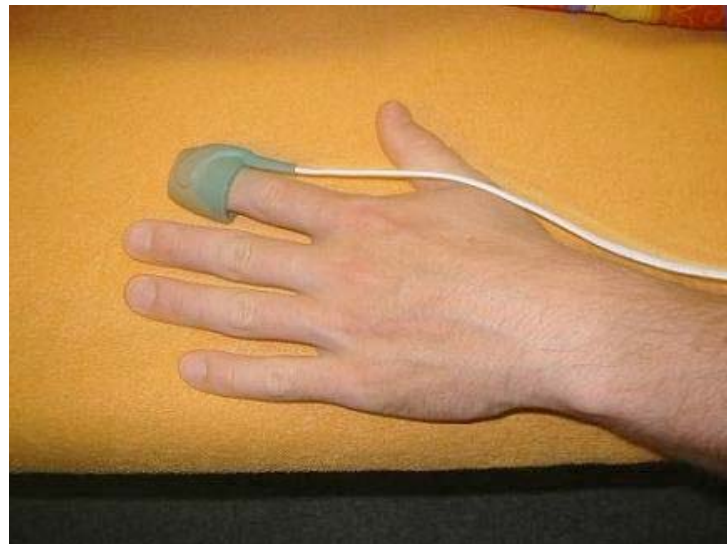
Die mit Abstand häufigste Schlafstörung sind obstruktive Schlaf-Apnoen (*Obstructive Sleep Apnea*, OSA); dabei ist der Atemfluss vorübergehend entweder wesentlich vermindert (*Hyponea Event*) oder vollständig unterbrochen (*Apnea Event*). Der infolgedessen auftretende Sauerstoffmangel erzeugt eine Stresssituation die einen gesunden Schlaf unterbindet und insbesondere das Herz mittelfristig schädigt: Patienten mit einem Apnea-Hypopnea-Index (AHI, Anzahl der Apnoen pro Stunde) von mehr als 20 haben daher eine mittlere Lebenserwartung von weniger als 9 Jahren.

Zwischen 2 and 5 % der Bevölkerung leiden unter OSA; dabei ist die Auftrittswahrscheinlichkeit stark altersabhängig und tritt insbesondere ab dem 60. Lebensjahr verstärkt auf. 80-90% der Fälle werden trotz typischer Symptome (starkes Schnarchen, Tagesmüdigkeit) nicht diagnostiziert [SILV02]. Einmal diagnostiziert ist die Behandlung relativ einfach und effektiv. OSA ist also vor allem ein Problem geeigneter Diagnosemöglichkeiten.

Diagnose von OSA aus Oximetrie-Daten

Aus der Definition der Apnoe ist ersichtlich, warum Polysomnographie die bevorzugte Methode zur Diagnose ist: Die Messung des Atemstroms (*flow*) ermöglicht einen direkten Zugang auf das eigentliche Ereignis (Unterbrechung des Atemstroms), während sekundäre Effekte, wie der verzögert einsetzende Abfall der Sauerstoffsättigung und der Anstieg von Herzfrequenz und Muskeltonus als zusätzliche Informationsquellen ebenfalls zur Verfügung stehen.

Aber Polysomnographie ist nicht nur aufwändig und teuer (ca. 1000 Euro pro Patient und Nacht), viele Patienten schlafen in der ungewohnten und unbequemen Situation des Schlaf-labors schlecht oder gar nicht, was die Aussagefähigkeit der gesammelten Daten stark vermindert. Daher sucht man weltweit nach kostengünstigen und weniger belastenden Methoden, mit denen zumindest eine aussagefähige Voruntersuchung, d.h. eine Abschätzung des OSA-Risikos, für mehr Patienten ermöglicht werden kann [FLEM03].



Puls-Oximetrie

Ein erfolgversprechender Ansatz ist die Auswertung von Daten, die aus der Durchführung einer nächtlichen Puls-Oximetrie gewonnen werden [NETZ01] [ZAMA01]. Apnoen haben einen nachweisbaren Einfluss auf die beiden Biosignale, die durch Oximetrie gewonnen werden: Die Sauerstoffsättigung sinkt, während die Herzfrequenz steigt. Die Auswertung der Oximetrie-Daten allein gilt heute noch als nicht ausreichend aussagekräftig. Allerdings wissen wir aus Gesprächen mit Medizinern und Herstellern von Schlafmedizinischen Messsystemen, dass heute bei weitem nicht alle Möglichkeiten der Signalverarbeitung, Mustererkennung und logischen Schlussfolgerung (Inferenz) ausgeschöpft werden.

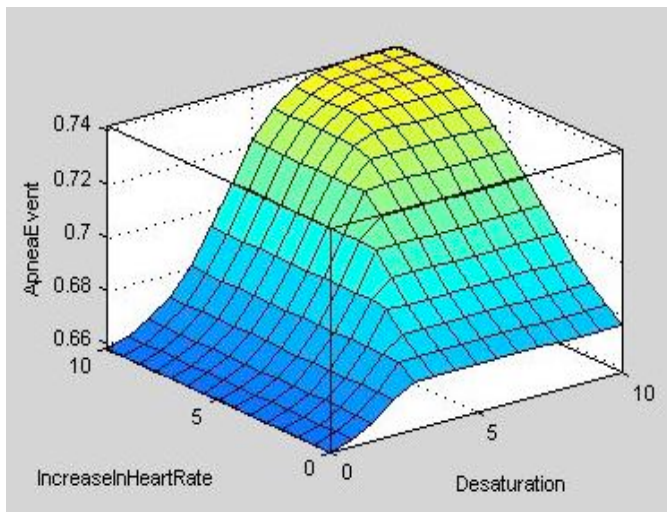
Aktivitäten und Fragestellungen unseres Projekts

Im Rahmen unseres Projekts kooperieren wir mit einer ortsansässigen Schlafklinik, die über umfangreiche Daten von OSA-Patienten verfügt, und führen außerdem weitere polysomnographische Untersuchungen an gesunden Probanden durch. Ein Mediziner analysiert die Daten und bewertet dabei insbesondere Apnoen und Hypopnoen. Diese Diagnose verwenden wir als Referenz für die Entwicklung von Algorithmen zur automatischen Analyse der Oximetrie-Daten, die aus den Polysomnographie-Daten isoliert werden.

Neben geeigneten Verfahren der Mustererkennung zur sicheren Erkennung eines signifikanten Abfalls der Sauerstoffsättigung bzw. Anstiegs der Herzfrequenz (bei gleichzeitigem Erkennen typischer Artefakte) wollen wir zunächst den zeitlichen Zusammenhang zwischen dem Auftreten einer Apnoe und Veränderungen in den beiden beobachteten Biosignalen näher untersuchen.

Besonders Augenmerk soll dann auf der logischen Schlussfolgerung (Inferenz), also der Ableitung der Wahrscheinlichkeit einer Apnoe aus den erkannten Veränderungen der beiden Biosignale liegen. Dabei erscheinen Methoden des *Soft Computing* als besonders erfolgversprechend, da sie die Vorgehensweise des menschlichen Experten nachbilden.

Während verschiedene Studien neuronale Netze zur Lösung dieses Problems eingesetzt haben [ROCH02] halten wir die Anwendung von Fuzzy Sets für den erfolgversprechenderen Ansatz. Dabei werden die heute üblichen strikten Regeln (ein Abfall der Sauerstoffsättigung um 4% indiziert eine Apnoe – ein Abfall von 3,99 % schließt sie aus) durch weiche Übergänge von „eher falsch“ zu „eher wahr“ ersetzt. Die Regeln der *Fuzzy Logic* ermöglichen die Abbildung und weitere Verarbeitung von unscharfen Wahrheitswerten auf einer kontinuierlichen Skala von 0 („absolut falsch“) bis 1 („absolut wahr“). Die nebenstehende Abb. zeigt eine mögliche Verknüpfung von Sauerstoffsättigung und Herzfrequenz in diesem Sinne.



Vorschlag zur Ableitung der Wahrscheinlichkeit einer Apnoe durch Fuzzy Logic

Parallel dazu arbeiten unsere kanadischen Partner an Inferenz-Modellen zur Diagnose von OSA aus anderen leicht zugänglichen Daten, insbesondere aus Patientenfragebögen [KWIA04]. Die von uns angestrebte zuverlässige Aussage über den Apnea-Hypopnea-Index (AHI) aus Oxymetrie-Daten könnte dann eine wesentliche weitere Eingangsgröße für dieses Modell darstellen.

Der Stand der Arbeiten wurde in einem Beitrag zur Tagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik veröffentlicht [KWIA05].

Literatur

[SILV02] Silverberg D. S., Iaina A., et. al.: Treating Obstructive Sleep Apnea Improves Essential Hypertension and Quality of Life. *Am Fam Physician* (2002) 65:229-236

[FLEM03] Flemons W., Littner M., et. al.: Home Diagnosis of Sleep Apnea: A Systematic Review of Literature. *Chest* (2003) 124:1543-1579

[NETZ01] Netzer N., Eliasson A., et. al.: Overnight Pulse Oximetry for Sleep-Disordered Breathing in Adults. *Chest* (2001) 120:625-633

[ZAMA01] Zamarron C., Romero P., et al.: Screening of Obstructive Sleep Apnoea: Heart Rate Spectral Analysis of Nocturnal Pulse Oximetric Recording. *Respiratory Medicine* (2001) 95:795-765

[ROCH02] Roche N., Herer B., et. al.: Prospective Testing of Two Models Based on Clinical and Oximetric Variables for Prediction of Obstructive Sleep Apnea. *Chest* (2002) 121:747-752

[KWIA04] Kwiatkowska M., Atkins M. S.: A Semio-Fuzzy Approach to Information Fusion in the Diagnosis of Obstructive Sleep Apnea. *Proceedings NAFIPS* (2004) 680-685

[KWIA05] Kwiatkowska M., Schmittendorf E.: Assessment of Obstructive Sleep Apnea using Pulse Oximetry and Clinical Prediction Rules: a Fuzzy Logic Approach. *Proceedings 39th Annual Congress of the German Society for Biomedical Engineering - DGBMT* (2005) 74-75