



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Seminararbeit AW1

Frank Hardenack

- Das intelligente Bett -
Interpretation von Schlafphasen als Beispiel für
Bodymonitoring im Living Place Hamburg

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Problemstellung	2
1.3	Ziel dieser Ausarbeitung	2
2	Szenarien	3
2.1	Bestimmung des optimalen Weckzeitpunkts	3
2.2	Interpretation des gesamten Nachtschlafs	3
3	Grundlagen	4
3.1	Schlaf	4
3.2	Bodymonitoring	6
3.3	State of the Technology	6
3.4	State of the Arts	8
4	Computational Furniture	9
4.1	Erfassung der Daten	9
4.2	Interpretation der Messdaten	10
4.2.1	Feste Regeln	10
4.2.2	Support Vector Machines	10
5	Zusammenfassung und Ausblick	12
	Glossar	13
	Literaturverzeichnis	15

Abbildungsverzeichnis

1	Hypnogramm (Quelle: www.axbo.com)	5
2	Elektroden zur Schlafanalyse im Schlaflabor (Quelle: www.asklepios.com)	6
3	Sleeptracker (Quelle: www.sleeptracker.de)	7
4	aXbo-Wecker (Quelle: www.axbo.com)	7
5	Logo der Sleep-Cycle App (Quelle: www.lexwarelabs.com)	8
6	Kraftsensor (www.loadstarsensors.com)	9
7	Flexsensor (www.sparkfun.com)	9
8	Elektrode von Rode-Melder & DRS	10
9	Trennbarkeit bei Support Vector Machines (Quelle: www.wikipedia.de)	11

1 Einleitung

Im Rahmen des *Living Place Hamburg* entsteht an der HAW Hamburg eine intelligente, dienstorientierte Wohnung, die der Forschung in den Bereichen des Ambient Assisted Living (AAL) und des Ubiquitous Computing (UbiComp) dienen soll. Inspiriert wurde dieses Projekt durch die Vision von Mark Weiser aus dem Jahr 1991 (Weiser, 1991). Vorarbeiten, die im Rahmen der iFlat (Stegelmeier u. a., 2009) entstanden sind, sowie bereits entwickelte Technologien können im Living Place Hamburg unter realistischen Bedingungen getestet werden (Probewohnen, Verwendung in einer „echten“ Wohnung). Diese Arbeit sieht sich im Kontext des Living Place Hamburg und soll nach Möglichkeit im späteren Verlauf der Entwicklung als eine neue Technologie in diesen aufgenommen werden. Die gewonnenen Informationen aus der Erfassung und Interpretation der Schlafphasen können im Living Place Hamburg über die Blackboard-Architektur anderen Anwendungen zur Verfügung gestellt werden. Somit reagiert die geplante Anwendung nicht aktiv auf die erfassten Sensordaten, sondern soll diese auswerten und in Abhängigkeit davon einen Kontext für andere Anwendungen erzeugen (Context Provider).

1.1 Motivation

Durch die demographische Entwicklung in Deutschland gewinnt die Forschung im Bereich des AAL immer mehr an Bedeutung. Dabei handelt es sich um die situationsunabhängige Unterstützung von zumeist älteren Menschen. Die Technologien zur Unterstützung sollen sich dabei in das Lebensumfeld integrieren, um den Nutzer nicht mit einem zusätzlichen Lernaufwand für eine neue Technologie zu belasten.

Des Weiteren nimmt die Zahl derer zu, die sich ihre Wohnumgebung mit „coolen“ Einrichtungsgegenständen gestalten und einen Nutzen aus den bestehenden Technologien für intelligente Wohnumgebungen (iFlats) ziehen wollen.

Diese beiden von Grund auf verschiedenen Nutzergruppen haben eine große Gemeinsamkeit: den Schlaf. Der Schlaf ist ein zentraler Bestandteil unseres Lebens und wichtig, damit sich der Körper regenerieren und das Gehirn das Erlebte verarbeiten kann.

Aus dem Schlafverlauf lassen sich viele Informationen über das Befinden des Schlafenden ziehen und Aussagen über den körperlichen Zustand in den einzelnen Schlafphasen treffen.

Eine Erfassung und Interpretation des Schlafs kann im medizinischen Kontext des AAL helfen, Komplikationen während des Schlafens zu entdecken und gegebenenfalls Hilfe herbeizurufen. Im Lifestyle-Kontext kann durch die Interpretation der einzelnen Schlafphasen sowohl ein Ansatz zur Bestimmung des optimalen Weckzeitpunkts entwickelt werden als auch eine Aussage über das Schlafbefinden getroffen und die damit verbundene Einstellung der Umgebung auf das Befinden des Nutzers vorgenommen werden.

1.2 Problemstellung

Es soll für den Living Place Hamburg ein intelligentes Bett entwickelt werden, das die Schlafphasen des Nutzers erfasst, interpretiert und abhängig vom Schlafzustand des Nutzers sowie vom Schlafverlauf über die gesamte Nacht mit dem Living Place interagiert. Die Erfassung der Schlafphasen soll kontaktlos erfolgen, um den Nutzer nicht mehr als nötig einzuschränken und damit aus dem Blickfeld des Nutzers verschwinden. Für den Nutzer soll sich das Bett, in dem er schläft, nicht verändern, ebenso wie die gewohnten Abläufe, die mit dem Schlafengehen verbunden sind. Die Ergebnisse der Schlafphaseninterpretation sollen anderen Anwendungen im Living Place (z.B. Wecker 2.0 von Jens Ellenberg) zur Verfügung stehen.

1.3 Ziel dieser Ausarbeitung

Das Ziel dieser Ausarbeitung ist es, den Begriff des *intelligenten Betts* zu definieren und einen ersten Ansatz für die Umsetzung zu skizzieren. Dazu wird auf die nötigen Grundlagen eingegangen und umrissen, wie Schlafphasen erkannt und interpretiert werden können. Um eine Einordnung des intelligenten Betts vorzunehmen werden beispielhaft bereits existierende, Schlafphasen erkennende Produkte kurz dargestellt. Da für medizinische Anwendungen sehr strenge Kriterien in Bezug auf die Fehlertoleranz erfüllt werden müssen, zielt die erste Version des intelligenten Betts auf den Lifestyle-Kontext ab.

2 Szenarien

In diesem Abschnitt werden mögliche Szenarien zum Einsatz der Schlafphaseninterpretation im Living Place Hamburg näher erläutert. Im momentanen Verständnis über die Interpretation von Schlafphasen ergeben sich daraus mehrere mögliche Szenarien, von denen hier zwei stellvertretend dargestellt werden. Für den Bezug auf eine Person werden die Szenarien von der durch Mark Weisers Szenarien bekannten *Sal* erlebt.

2.1 Bestimmung des optimalen Weckzeitpunkts

- Sal hat morgens um 8⁰⁰ Uhr einen Termin und hat als Weckzeit 7⁰⁰ Uhr angegeben.
- Sal schläft und ihr Schlaf wird kontinuierlich auf Leichtschlafphasen überwacht, in denen sie besonders leicht zu wecken ist.
- Sal hat um 6³⁸ Uhr eine Leichtschlafphase.
- Das intelligente Bett sendet eine Benachrichtigung an die *Blackboard-Architektur* des Living Place Hamburg, dass sich Sal in einer Leichtschlafphase befindet.
- Sal wird in der Leichtschlafphase geweckt und kann erholt und frischer in den Tag starten als wenn sie aus einer Tiefschlafphase geweckt würde.

2.2 Interpretation des gesamten Nachtschlafs

- Sal legt sich abends schlafen.
- Sal schläft schlecht, hat viele unruhige Schlafphasen.
- Die unruhigen Schlafphasen werden registriert und analysiert.
- Sal's Schlafverlauf wird klassifiziert und dem Living Place Hamburg über die *Blackboard-Architektur* mitgeteilt, so dass sich andere Anwendungen, die auf Ereignisse der Schlafphaseninterpretation „hören“, darauf einstellen können.
- Sal steht morgens auf, der Living Place Hamburg ist darauf eingestellt, dass Sal schlecht geschlafen hat:
 - Das Licht ist gedimmt.
 - Die Musik in der Küche ist leiser, es werden nur ruhige Titel gespielt.

Als weitere Szenarien wären der Einsatz mit medizinischem Hintergrund denkbar, bei dem die Vitalfunktionen des Nutzers während der ganzen Nacht überwacht werden und bei Bedarf Hilfe herbeigerufen wird, sowie eine Erweiterung der Schlafüberwachung in Schlaflaboren durch kontaktlose Erfassung der Schlafphasen.

3 Grundlagen

In diesem Abschnitt werden die nötigen Grundlagen für diese Ausarbeitung näher erläutert.

3.1 Schlaf

Der Schlaf eines Menschen lässt sich in fünf unterschiedliche Stadien unterteilen (vgl. Abb. 1, S. 5), die aufgrund ihrer charakteristischen Eigenschaften mit geeigneten Überwachungsmethoden unterscheidbar sind.

- Einschlafphase (Stadium 1)
- Leichter Schlaf (Stadium 2)
- Mittlerer Schlaf (Stadium 3)
- Tiefer Schlaf (Stadium 4)
- REM-Schlaf („Traumschlaf“, Stadium 5)

Im **Stadium 1 (Einschlafphase)** ist der Muskeltonus mittelhoch bis hoch, es können Einschlafzuckungen der Muskulatur auftreten und das Wachbewußtsein schwindet.

Das **Stadium 2 (Leichtschlaf)** zeichnet sich dadurch aus, dass das Wachbewußtsein komplett ausgeschaltet, der Muskeltonus aber noch mittelhoch bis hoch ist. In diesem Stadium ist die Weckbarkeit noch kaum vermindert.

Im **Stadium 3 (Mittlerer Schlaf)** ist die Weckbarkeit schon deutlich vermindert, der Muskeltonus ist nur noch niedrig.

Das **Stadium 4 (Tiefschlaf)** hat, im Vergleich zu den anderen Stadien, nur einen geringen Anteil am Nachtschlaf. Trotzdem ist es eines der wichtigsten Stadien, da der Tiefschlaf für die Erholung des Körpers von großer Bedeutung ist. Im Tiefschlaf nimmt der Muskeltonus weiter ab, die Weckbarkeit ist auf ein Minimum reduziert.

Träume werden im **REM-Schlaf (Traumschlaf)** erlebt. In diesem Stadium ist der Muskeltonus nahezu aufgehoben, damit der Schlafende die Bewegungen in seinen Träumen nicht wirklich ausführt und sich verletzt (Lund und Clarenbach, 1995).

Die verschiedenen Stadien werden während des Schlafs zyklisch durchlaufen, wobei ein Zyklus eine Dauer von 80 bis 110 Minuten besitzt. Bei einem Erwachsenen werden bei normalem Nachtschlaf (8 Stunden) vier bis fünf vollständige Zyklen durchlaufen (Boss u. a., 1993, Seite 1483). Im Schlafverlauf nimmt die Schlaftiefe und damit der Anteil des Tiefschlafs je Zyklus ab und der Anteil des Traumschlafs nimmt zu. Der Übergang vom REM-Schlaf in den Leichtschlaf führt, ebenso wie der umgekehrte Weg, zu (Fast-)Wachmomenten, in denen die schlafende Person sich unbewusst bewegt („Decke zurechtziehen“, „Schlafposition ändern“). Neben diesen (Fast-) Wachmomenten kann es in der Leichtschlafphase durch den mittelhohen bis hohen Muskeltonus zu leichten Muskelzuckungen (speziell bei der Gesichtsmuskulatur) kommen (Speckmann, 2008, Seite 263). Verglichen mit den restlichen Schlafphasen, in denen sich die schlafende Person nahezu gar nicht bewegt, sind die unbewussten Bewegungen und Muskelzuckungen ein Indikator für (Fast-)Wachmomente und Leichtschlafphasen.

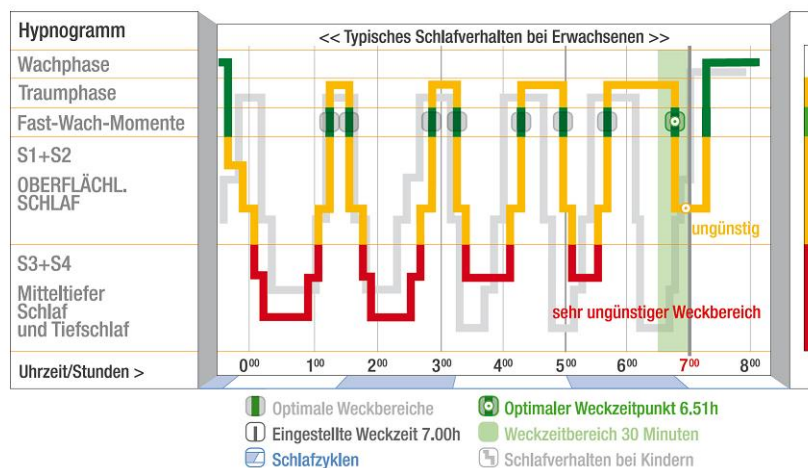


Abbildung 1: Hypnogramm (Quelle: www.axbo.com)

Schlaflabore

Die Idee der Schlafüberwachung ist nicht neu. Um Schlafstörungen und Schlafkrankheiten wie beispielsweise Narkolepsie und Schlafapnoe zu untersuchen, sowie den Schlaf einer Person zu analysieren, haben viele Kliniken sogenannte Schlaflabore. In diesen Laboren werden Patienten mit einer Vielzahl von Elektroden versehen, bevor sie in der Klinik eine Nacht zur Erfassung von Schlafdaten verbringen (vgl. Abb. 2, S. 6). Die erfassten Daten werden nach Abschluss der Untersuchung in Messreihen erfasst und analysiert.

Die Elektroden dienen der...

- ... Überwachung der Atmung
- ... Messung der Herzfrequenz (**ElektroKardioGramm**)
- ... Messung der Augenbewegung (**ElektroOkuloGraphie**)
- ... Messung der Muskelspannung (**ElektroMyoGraphie**)
- ... Messung der Hirnströme (**ElektroEnzephaloGraphie**)

Des Weiteren werden in diesem Zusammenhang oft die Körpertemperatur, die Beinbewegung und die Körperlage überwacht.

Die verwendeten Elektroden erlauben bei der Auswertung der Daten eine exakte Festlegung, wann sich der Patient in welcher Schlafphase befunden hat. Neben den in der Grafik abgebildeten verwendeten Elektroden wird der Schlaf häufig über eine Infrarot-Kamera aufgezeichnet.

Eine Schlafüberwachung dieser Art in einem Schlaflabor wird Polysomnographie genannt.

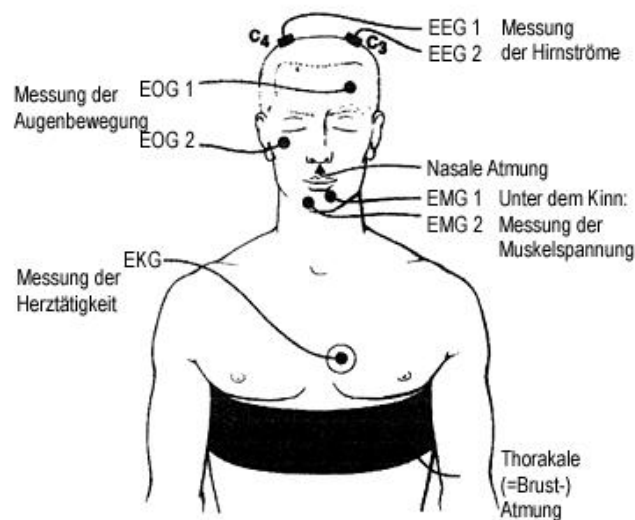


Abbildung 2: Elektroden zur Schlafanalyse im Schlaflabor (Quelle: www.asklepios.com)

3.2 Bodymonitoring

Arne Bernin hat herausgearbeitet, wie Bodymonitoring die Überwachung von inneren Funktionen (z.B. Gehirnströme, Blutdruck) und äußeren Attributen (z.B. Bewegungen, Geräusche, Temperatur) eines Körpers beschreibt (Bernin, 2007). Die Verfahren zur Erfassung von Daten sowie die verwendeten Sensoren lassen sich in die zwei grundsätzliche Klassen *interne* und *externe* Erfassung unterteilen (Tetzlaff, 2008). Die externe Erfassung kann mit Körperkontakt (Beispiele: EKG, Blutdruckmessung) und ohne Körperkontakt (z.B. (Wärmebild-)Kameras, Mikrophone, Flexsensoren) erfolgen und wird in dieser Arbeit Verwendung finden. Die interne Erfassung bezeichnet invasive bzw. nicht invasive Methoden zur Erfassung von Daten innerhalb eines Körpers und wird für diese Arbeit nicht benötigt.

3.3 State of the Technology

Aktuell gibt es mehrere verschiedene Systeme unterschiedlicher Anbieter zur Schlafüberwachung für den Heimanwenderbereich. Bei diesen Produkten handelt es sich um sogenannte *Schlafphasenwecker*, die zur Ermittlung der Leichtschlafphasen (vgl. Abschnitt 3.1) Bewegungssensoren verwenden. Die eingesetzte Technologie ist zwar wesentlich einfacher als die in den Schlaflaboren verwendete Technik (vgl. Abschnitt 3.1), aber dafür für den Heimanwender komfortabler in der Anwendung. Diese vereinfachte Technik wirkt sich zwar negativ auf die Genauigkeit der Messergebnisse aus, ist aber für den Heimanwender meist ausreichend.

Sleeptracker



Der Sleeptracker ist ein Schlafphasenwecker in Form einer normalen Armbanduhr, der seinen Träger während des Schlafs permanent auf Leichtschlafphasen und (Fast-) Wachmomente überwacht. Sollte eine Leichtschlafphase in ein Zeitfenster zwischen dem Weckzeitpunkt und einem bestimmaren Zeitpunkt davor fallen, so wird der Träger geweckt. Eine Auswertung der gesammelten Schlafdaten am PC ist nach der Übertragung via USB ebenfalls möglich. (Innovative Sleep Solutions, 2009)

Abbildung 3: Sleeptracker (Quelle: www.sleeptracker.de)

Funktionsweise: Der Sleeptracker erkennt (Fast-)Wachmomente und Leichtschlafphasen anhand der vermehrten Bewegung des Trägers (durch den höheren Muskeltonus in der Leichtschlafphase). Die Bewegungen werden durch einen Bewegungssensor im Sleeptracker aufgenommen. Fällt eine Leichtschlafphase in das Weckzeitfenster, so wird der Träger geweckt, spätestens jedoch zur eingestellten Weckzeit.

Schlafphasen-Wecker (aXbo)

Ein weiterer Schlafphasenwecker ist der aXbo-Schlafphasenwecker. Er bedient sich der gleichen Funktionsweise wie der Sleeptracker und wertet das Schlafverhalten des Nutzers auf Leichtschlafphasen aus. Zur Bestimmung der Leichtschlafphasen wird auch bei diesem Produkt auf ein Armband zurückgegriffen. Neben der Bestimmung des optimalen Weckzeitpunkts ermöglicht der aXbo das Aufzeichnen von Schlafdaten für zwei Personen über einen Zeitraum von 14 Tagen. Die Daten können mit einer Zusatzsoftware am PC ausgewertet werden (infactory innovations & trade GmbH, 2009).



Abbildung 4: aXbo-Wecker (Quelle: www.axbo.com)

Sleep-Cycle (iPhone-App)



Abbildung 5: Logo der Sleep-Cycle App (Quelle: www.lexwarelabs.com)

Ein innovativer Ansatz zur kontaktlosen Erfassung und Interpretation von Schlafphasen wird mit der iPhone-App *Sleep Cycle Alarm Clock* von LexWare Labs verfolgt. Zur Erfassung wird das iPhone am Kopfende des Betts auf die Matratze gelegt und die App gestartet. Die Erfassung der Schlafphasen erfolgt mittels der im iPhone verbauten Beschleunigungssensoren, die die Bewegungen des Nutzers über die Matratze erfassen. Die Funktionsweise ähnelt der des Sleeptrackers.

3.4 State of the Arts

Neben den bereits erhältlichen Produkten auf diesem Gebiet ist der Bereich der Forschung und Entwicklung sehr interessant. Es gibt in Deutschland neben den Forschungen an der HAW Hamburg viele Labore an Hochschulen, Projekte und Unternehmen, die sich speziell der Forschung im Bereich des AAL verschrieben haben. Nachfolgend werden einige Forschungsprojekte kurz dargestellt.

BAALL

Das BAALL (Bremen Ambient Assisted Living Lab) ist ein Forschungszentrum, das von der Universität Bremen in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Forschungszentrum für künstliche Intelligenz betrieben wird. Die Forschungsschwerpunkte liegen hier im Bereich der Indoor-Mobilität (Intelligenter Rollstuhl, Indoor Navigation), Spracherkennung, Umgebungsassistenten mittels Gebäudeautomation und Smart Furniture. Zur Untersuchung unter realen Bedingungen gibt es, ähnlich dem entstehenden Living Place Hamburg, eine 60m² große alters- und behindertengerechte Wohnung (Forschungsbereich Sichere Kognitive Systeme, Universität Bremen, 2009).

GAL

Das GAL (Gestaltung altersgerechter Lebenswelten) ist ein niedersächsischer Forschungsverbund unter bundesweiter Beteiligung von Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Ziel des GAL ist es, durch den Einsatz von Kommunikations- und Informationstechnik altersgerechte Lebenswelten zu schaffen und diese weiterzuentwickeln (Niedersächsischer Forschungsverbund GAL, 2009). Diese Entwicklung findet sowohl in nationalen als auch in internationalen Forschungsprojekten statt.

OFFIS: Ein Partner des GAL ist das OFFIS (Oldenburger Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Informatik-Werkzeuge und Systeme), eine Forschungseinrichtung des Landes Niedersachsen und der Universität Oldenburg mit Forschungsschwerpunkten in den Bereichen der intelligenten Nutzerschnittstellen und der Einbettung von Computern in das tägliche Lebensumfeld. Dieses Wissen fließt durch die Beteiligung am GAL in die dort laufenden Forschungsprojekte mit ein (OFFIS e.V., 2009).

4 Computational Furniture

Zur Erfassung der Bewegungen, die mit den Leichtschlafphasen einhergehen, müssen geeignete Sensoren ausgewählt werden. Niemand möchte sich vor dem Schlafengehen „verkabeln“, wie dies in Schlaflaboren (Vgl. Abschnitt 3.1) der Fall ist, oder sich ein Armband anlegen (Vgl. Abschnitt 3.3). Auch eine Erfassung der Bewegungen durch Kameras ist auszuschließen, um dem Anwender nicht das Gefühl zu geben, *beobachtet* zu werden. Des Weiteren soll das Bett als solches für den Benutzer unverändert bleiben, speziell in Bezug auf die Gewohnheiten, die mit dem zu Bett gehen verbunden sind. Mit diesen Einschränkungen kommt nur eine für den Benutzer unsichtbare Erfassung ohne Körperkontakt in Frage, bei der die Technik soweit wie möglich aus dem Blickfeld des Nutzers verschwindet. Dies bedeutet eine Kopplung der Erfassung an das Bett (Computational Furniture (Dreschke, 2009) / Intelligent Furniture / Smart Furniture).

Bei Computational Furniture handelt es sich um allgegenwärtige Gegenstände (meist Möbelstücke), die mittels Sensorik „intelligent“ gemacht werden. Diese Möbel sollen den Benutzer unterstützen, indem sie Wohnsituationen erfassen und interpretieren. Aus diesen erfassten Informationen kann ein Kontext erzeugt werden, der eine Aussage über das Befinden des Bewohners zulässt.

4.1 Erfassung der Daten

Für die Erfassung der Daten bieten sich verschiedene Möglichkeiten an:

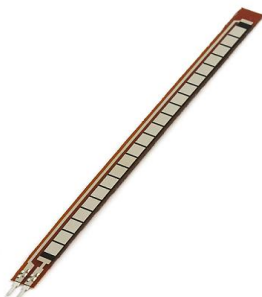
Kraftsensoren

Kraftsensoren (auch: Wägezellen) reagieren auf einen auf sie einwirkenden Druck. Die häufigste Bauform ist der kapazitive Kraftsensor, der wie ein Plattenkondensator funktioniert. Dabei ist eine Platte fest im Sensor verbaut, die andere wird bei einwirkender Kraft der festen Platte angenähert. Durch diese Annäherung tritt eine messbare Kapazitätsänderung auf, die erfasst und interpretiert werden kann. Der dargestellte Kraftsensor verfügt über einen USB-Ausgang, der das Auslesen der Daten vereinfacht.



Abbildung 6: Kraftsensor (www.loadstarsensors.com)

Flexsensoren



Bei Flexsensoren handelt es sich um eine dünne Folie, die in Abhängigkeit von Biegung den Widerstand verändert (Gentile, 1992). Der abgebildete Flexsensor hat in ungebogenem Zustand einen Ausgangswiderstand von $10\text{k}\Omega$, bei einer Biegung von 90° hingegen bereits einen Widerstand von $35\text{k}\Omega$. Wird der Flexsensor nun beispielsweise auf dem Lattenrost eines Betts montiert, so verändert sich der Widerstand mit der Biegung des Lattenrosts bei Bewegungen des Schlafenden.

Abbildung 7: Flexsensor (www.sparkfun.com)

Elektrode im Schwingkreis

Die Erfassung mit einer Elektrode in einem Schwingkreis (Kondensatoren + Spule) kommt aus der Sicherheitstechnik und basiert auf dem Verfahren eines kapazitiv überwachten Felds. Dabei wird eine Elektrode, z.B. eine Plattenelektrode, in einen Schwingkreis eingehängt und hat eine gewisse Eigenkapazität. Durch Hinzuschalten von weiteren Kondensatoren kann die Messfrequenz (der Arbeitsbereich) der Elektrode eingestellt werden. Die Elektrode verfügt über eine inaktive Seite (Rückseite, Masse) und eine aktive Seite (Vorderseite, leitend). Auf der aktiven Seite wird ein kapazitiv überwachbares Feld erzeugt, das je nach Elektrodengröße, Temperatur und Luftfeuchtigkeit variiert. Gemessen wird die Frequenz im Schwingkreis und somit auch indirekt der Einfluss des kapazitiven Feldes auf diesen Schwingkreis. Dringt ein Körper in das Feld ein, so erfolgt eine Kapazitätsänderung und dadurch auch eine messbare Frequenzänderung im Schwingkreis. Diese Änderung wird gemessen und ausgewertet. In Bezug auf das intelligente Bett würde dies eine Erfassung von Bewegungen im Schlaf durch das Montieren solcher Elektroden unter dem Bett ermöglichen.



Abbildung 8: Elektrode von Rode-Melder & DRS

4.2 Interpretation der Messdaten

Die erfassten Rohdaten müssen erst interpretiert werden, um eine Aussage über den Schlafzustand zu treffen. Zur Interpretation der Daten bieten sich verschiedene Techniken an. Zum Einen die Interpretation nach fest definierten Regeln, zum Anderen die Verwendung maschineller Lernverfahren zur Klassifikation der Messdaten.

4.2.1 Feste Regeln

Bei der Verwendung fest definierter Regeln wird während der Entwicklung des Systems festgelegt, bei welchen Veränderungen der Sensordaten angenommen werden kann, dass sich eine Person bewegt (und somit in einer Leichtschlafphase befindet). Dies ist der einfachste Ansatz zur Verarbeitung der Sensordaten, doch er birgt viele Nachteile. Die Bewegungen, die im Schlaf ausgeführt werden, variieren aufgrund körperlicher Merkmale (z.B. Gewicht, Größe) und erschweren dadurch eine genaue Klassifikation des Schlafzustands für verschiedene Personen. Das würde bedeuten, dass jedes System durch die Definition individueller Interpretationsregeln an den Nutzer angepasst werden müsste, was keinen flexiblen Einsatz ermöglicht.

4.2.2 Support Vector Machines

Um eine möglichst personenunabhängige Interpretation der Sensordaten zu erreichen bietet sich die Verwendung maschineller Lernverfahren an. Beispielhaft für maschinelle

Lernverfahren wird hier die Support Vector Machine (SVM) näher dargestellt. Eine SVM ist ein trainierbares Lernverfahren, das zur Mustererkennung und Klassifikation von Daten dient. Als Ausgangsmenge wird eine Menge von Trainingsdaten benötigt, die in sogenannten Attributvektoren (Featurevektoren) dargestellt werden. Die Trainingsdaten bilden eine Menge von Attributvektoren, die im gleichen Vektorraum dargestellt werden und deren Klassenzugehörigkeit bekannt ist. In der Trainingsphase wird versucht, die Trainingsdaten durch Einfügen einer Hyperebene in den Vektorraum in zwei Klassen zu trennen. Die Attributvektoren, die den geringsten Abstand zur Hyperebene (und somit zur Klassengrenze) haben, werden Stützvektoren (Support Vectors) genannt und sind bei der Lage der Hyperebene von Bedeutung, während weit von der Hyperebene entfernte Punkte nicht weiter berücksichtigt werden, da sie *sicher* in einer Klasse liegen. Beim Einfügen der Hyperebene wird darauf geachtet, dass alle Supportvektoren im Vektorraum einen möglichst großen Abstand zur eingezogenen Hyperebene haben. Durch diese maximalen Abstände können auch Daten, die von den Trainingsdaten abweichen und im Bereich der Klassengrenze liegen, mit geringer Fehlerwahrscheinlichkeit richtig klassifiziert werden.

Der einfachste Fall ist die lineare Trennbarkeit (Vgl. Abbildung 9, links), bei dem die Hyperebene durch eine lineare Funktion beschrieben werden kann. Bei nicht-linearer Trennbarkeit (Vgl. Abbildung 9, rechts) gibt es verschiedene Ansätze zum Einziehen einer Hyperebene. Der einfachste Ansatz hierbei ist, eine gewisse Anzahl von Fehlklassifikationen zu akzeptieren und trotzdem eine lineare Trennung vorzunehmen. Ein komplizierterer Ansatz ist die Verwendung einer Kernel-Funktion. Dabei werden die Trainingsdaten auf einen anderen Vektorraum höherer Dimension abgebildet, in welchem die Trainingsdaten durch eine Hyperebene wieder linear getrennt werden können (Heitsch, 2008), (Krohn, 2009), (Ehlers, 2009), (Bennett und Campbell, 2000).

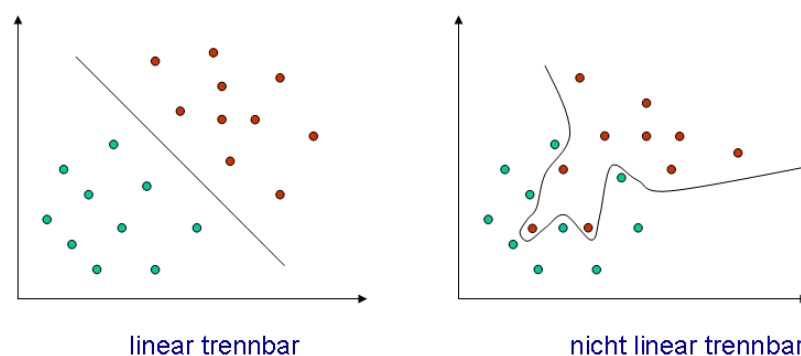


Abbildung 9: Trennbarkeit bei Support Vector Machines (Quelle: www.wikipedia.de)

5 Zusammenfassung und Ausblick

Im Hinblick auf den weiteren Verlauf des Masterstudiums wurde mit dieser Ausarbeitung das Projekt „Das intelligente Bett“ grob umrissen. Es wurden mögliche Realisierungen und Techniken zur Interpretation der anfallenden Daten aufgezeigt und bereits existierende Produkte dargestellt. Dieses Projekt soll als Teil des Living Place Hamburg entwickelt und realisiert werden. Darauf aufbauend sind verschiedene Erweiterungen für das intelligente Bett denkbar:

- Weitere Computational Furniture, welche die Ergebnisse des Betts nutzen
- Erweiterung der Erfassung von Schlafphasen durch andere Sensoren
- Interaktive Steuerung der Beleuchtung, abhängig vom Schlafverhalten der letzten Nacht

Ebenso ist eine Kombination mit anderen bestehenden Arbeiten aus dem Umfeld des Living Place Hamburg denkbar.

Das bedeutet konkret für das zweite Semester des Master (Informatik)-Studiums, dass in *Projekt 1* ein Prototyp des Betts erstellt werden soll.

Eine Zusammenarbeit mit Herrn Dr. Hoppe und dem Schlaflabor des Asklepios-Klinikums Hamburg-Wandsbek ist ebenfalls in Planung, um die Ergebnisse des Prototyps mit den Ergebnissen eines Schlaflabors vergleichen zu können. Dieser Vergleich dient dazu, eventuelle Fehlinterpretationen gering zu halten und den Prototypen zur Erfassung von Testdaten in professionellem Umfeld einsetzen zu können.

Glossar

Context Provider	Datenquelle (z.B. Sensor) zur Erzeugung von Kontextinformationen (Ranganathan und Campbell, 2003, Seite 148), 1
Muskeltonus	Spannungszustand eines Muskels (Boss u. a., 1993, Seite 1137), 4
Narkolepsie	Krankheit mit anfallsweisem, nicht überwindbarem Schlafzwang während des Tages (Boss u. a., 1993, Seite 1159), 5
REM-Schlaf	Schlafstadium, das sich durch schnelle Augenbewegungen des schlafenden (R apid- E ye- M ovement) auszeichnet, 4
Schlafapnoe	Atemstillstand während des Schlafs, kann in Kombination mit Blutdruckerhöhung und Herzrhythmusstörungen auftreten (Boss u. a., 1993, Seite 1483), 5

Literatur

- [Bennett und Campbell 2000] BENNETT, Kristin P. ; CAMPBELL, Colin: Support vector machines: hype or hallelujah? In: *SIGKDD Explor. Newsl.* 2 (2000), Nr. 2, S. 1–13. – ISSN 1931-0145
- [Bernin 2007] BERNIN, Arne: Body Monitoring / HAW Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2007/bernin/bericht.pdf>, 2007. – Forschungsbericht. [Vortrag vom 19.06.2007, AW1]
- [Boss u. a. 1993] BOSS, Dr. med. Norbert ; JÄCKLE, Dr. med. Renate ; WANGERIN, Dr. med. Günter: *Roche Lexikon Medizin*. Auflage 3. Urban & Schwarzenberg, 1993. – ISBN 3-541-11213-1
- [Dreschke 2009] DRESCHKE, Oliver: Computational Furniture / HAW Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2009-aw2/dreschke/bericht.pdf>, 2009. – Forschungsbericht. [Vortrag vom 25.06.2008, AW2]
- [Ehlers 2009] EHLERS, Carsten: Klassifikation von Dokumenten durch Text Mining / HAW Hamburg. URL <http://opus.haw-hamburg.de/volltexte/2009/841/pdf/main.pdf>, 2009. – Forschungsbericht. [Bachelorarbeit, 2009]
- [Forschungsbereich Sichere Kognitive Systeme, Universität Bremen 2009] FORSCHUNGSBEREICH SICHERE KOGNITIVE SYSTEME, UNIVERSITÄT BREMEN: *BAALL*. 2009. – URL <http://baall.informatik.uni-bremen.de/de/index.php/Hauptseite>. – [Online; Stand 15. November 2009]
- [Gentile 1992] GENTILE, NY) Wallace Michael (Beaverton OR) Avalon Timothy D. (Portland OR) Goodman Scott (Hermosa Beach CA) Fuller Richard (Sherman Oaks CA) Hall Tracy (Cupertino C.: *Angular displacement sensors*. February 1992. – URL <http://www.freepatentsonline.com/5086785.html>
- [Heitsch 2008] HEITSCH, Johann: Ein Framework zur Erkennung von dreidimensionalen Gesten / HAW Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/bachelor/heitsch.pdf>, 2008. – Forschungsbericht. [Bachelorarbeit, 2008]
- [infactory innovations & trade GmbH 2009] INFACTORY INNOVATIONS & TRADE GMBH: *aXbo Schlafphasenwecker*. 2009. – URL <http://www.axbo.com>. – [Online; Stand 11. Oktober 2009]
- [Innovative Sleep Solutions 2009] INNOVATIVE SLEEP SOLUTIONS: *SLEEPTRACKER Schlafphasenwecker*. 2009. – URL <http://www.sleeptracker.de>. – [Online; Stand 11. Oktober 2009]

- [Krohn 2009] KROHN, Andreas: Entwurf und Realisierung eines Systems zur Prognose und Optimierung der Wartungskosten von Geldautomaten auf Basis maschineller Lernverfahren / HAW Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/master/tetzlaff.pdf>, 2009. – Forschungsbericht. [Bachelorarbeit, 2009]
- [Lund und Clarenbach 1995] LUND, Reimer ; CLARENBACH, Peter: *Das klinische Schlaflabor* Arcis Verlag. 1995. – ISBN 3-89075-089-3
- [Niedersächsischer Forschungsverbund GAL 2009] NIEDERSÄCHSISCHER FORSCHUNGSVERBUND GAL: *Gestaltung altersgerechter Lebenswelten*. 2009. – URL <http://www.altersgerechte-lebenswelten.de>. – [Online; Stand 13. Dezember 2009]
- [OFFIS e.V. 2009] OFFIS E.V.: *OFFIS*. 2009. – URL <http://www.offis.de>. – [Online; Stand 13. Dezember 2009]
- [Ranganathan und Campbell 2003] RANGANATHAN, Anand ; CAMPBELL, Roy H.: A middleware for context-aware agents in ubiquitous computing environments. In: *Middleware '03: Proceedings of the ACM/IFIP/USENIX 2003 International Conference on Middleware*. New York, NY, USA : Springer-Verlag New York, Inc., 2003, S. 143–161. – ISBN 3-540-40317-5
- [Speckmann 2008] SPECKMANN, Erwin-Josef: *Physiologie*. Ausgabe 5. Elsevier, Urban & Fischer Verlag, 2008. – ISBN 978-3437413186
- [Stegelmeier u. a. 2009] STEGELMEIER, Sven ; WENDT, Piotr ; VON LUCK, Kai: iFlat - Eine dienstorientierte Architektur für intelligente Räume / HAW Hamburg. 2009. – Forschungsbericht. Published in Proc. of the VDE2. Ambient Assisted Living Kongress mit Ausstellung, 27.-28.01.2009, Berlin
- [Tetzlaff 2008] TETZLAFF, Olaf: Bodymonitoring - Entwicklung eines Prototypen für intelligente Kleidung / HAW Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/master/tetzlaff.pdf>, 2008. – Forschungsbericht. [Masterarbeit, 2008]
- [Weiser 1991] WEISER, Mark: The Computer for the Twenty-First Century. In: *Scientific American* 265 (1991), Nr. 3, S. 94–104