

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Projektbericht Masterprojekt 1

Frank Hardenack

Bodymonitoring in Smart Homes

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Anordnung der Sensoren im intelligenten Bett	1
2	Vergleich der Schwingkreiserzeuger	2
3	Sensorentwicklung	3
3.1	Iteration 1 - Originale Plattenelektrode von Rode Melder	3
3.2	Iteration 2 - Modifizierte Plattenelektrode von Rode Melder	3
3.3	Iteration 3 - Abschirmmatrix über einer Plattenelektrode	4
3.4	Iteration 4 - Eigenentwicklung in Sandwich-Bauweise	4
3.5	Iteration 5 - Eigenentwicklung in Sandwich-Bauweise 2	5
3.6	Iteration 6 - Modifizierter Lattenrost	5
3.7	Elektrisch leitfähige Stoffe	6
4	Entwicklung der Software	8
5	Fazit & Ausblick	10
	Literaturverzeichnis	11

Abbildungsverzeichnis

1	Verteilung der Sensoren im Bett (erster Ansatz)	1
2	Elektrode von Rode Melder	3
2.1	Plattenelektrode von Rode Melder	3
2.2	Modifizierte Elektrode	3
3	Elektrode von Rode Melder	4
3.1	Rode Melder Plattenelektrode (klein)	4
3.2	Abschirmmatrix	4
4	Eigenentwicklung in Sandwich-Bauweise & Aufbau	5
4.1	Gesamtansicht	5
4.2	Aufbau	5
5	Eigenentwicklung in Sandwich-Bauweise 2 & Aufbau	6
5.1	Gesamtansicht	6
5.2	Gesamtansicht (offen)	6
5.3	Übersicht Aufbau	6
5.4	Aufbau	6
6	Modifizierter Lattenrost & Aufbau	7
6.1	Seitenansicht	7
6.2	Draufsicht	7
6.3	Übersicht Aufbau	7
7	Hauptfenster mit Geräteauswahl & Konsole für Ausgaben	9
8	Fenster mit der Darstellung der Messwerte in einem fortlaufenden Chart	9

1 Einleitung

Bei dieser Arbeit handelt es sich um einen Projektbericht zum Masterprojekt 1. Schwerpunkt dieses Projekts ist die Entwicklung eines kapazitiven Sensors zum Einsatz im *intelligenten Bett* zur Erfassung von Leichtschlafphasen (Hardenack, 2010), aber auch der Vergleich von verschiedenen Schwingkreiserzeugern auf Tauglichkeit in Bezug auf den geplanten Einsatz sowie die Entwicklung einer leicht zu erweiternden Software zur Visualisierung der erfassten Messwerte.

Dank des von DRS ¹ hergestellten Kontakts zu Rode Melder ² verfügte die HAW frühzeitig über ein Testsetup mit einem EMC (Schwingkreiserzeuger), um diesen auf die Einsatzbarkeit zu prüfen. Im Verlauf des Masterprojekts 1 wurden weitere Schwingkreiserzeuger des Typs Cx-1 von der Firma RSI ³ erworben.

Im Rahmen des Projekts soll nun in mehreren Iterationen ein geeigneter Sensor entwickelt werden. Die Entwicklung läuft in Zusammenarbeit mit Oliver Dreschke ab, da ein ähnlicher Sensor für den Einsatz im intelligenten Sofa zur Erkennung von Sitzgesten benötigt wird (Dreschke, 2010).

1.1 Anordnung der Sensoren im intelligenten Bett

Um eine Aussage über die Nutzung des Bettes zu treffen sollen mehrere kapazitive Sensoren im Bett verbaut werden. Wie in Abbildung 1 dargestellt sollen insgesamt sechs Sensoren verwendet werden. Zwei Sensoren im Kopfteil sollen detektieren, ob sich jemand anlehnt (zum Beispiel zum Lesen), vier Sensoren in der Liegefläche sollen eine Aussage darüber zulassen, ob jemand auf dem Bett sitzt, darin schläft und in welcher Schlafphase sich die Person befindet. In welcher Weise die Sensoren im Bett montiert werden, hängt von der gewählten Form der Sensoren ab.



Abbildung 1: Verteilung der Sensoren im Bett (erster Ansatz)

¹<http://www.drs-systemberatung.de>

²www.rode-melder.de

³<http://www.rsi-sensor.de>

2 Vergleich der Schwingkreiserzeuger

Die verschiedenen Modelle von Schwingkreiserzeugern wurden im Rahmen des Projekts miteinander verglichen, um für den geplanten Einsatzzweck den am besten geeigneten zu ermitteln. Zu vergleichen waren der EMC von Rode Melder und der Cx-1 von RSI. Gegen Ende des Projekts wurde noch ein *CapSense Toolkit*⁴ bestellt, der leider nicht mehr rechtzeitig eintraf, um diesen in den Vergleich mit aufzunehmen.

EMC (Rode Melder)

Der EMC ermöglicht durch die anliegende Spannung eine (bei entsprechend großer Sensorfläche) hohe Reichweite bei der Detektion von Annäherung. In der uns zur Verfügung stehenden Ausstattung ist das Anschließen von nur einem Sensor zur Zeit möglich, dessen Messwerte alle ≈ 20 ms abgefragt werden. Die angelegte Frequenz driftet, je nach Sensortyp mehr oder weniger, kontinuierlich leicht in einen höheren Frequenzbereich. Dieser Drift ist allerdings unproblematisch, da für den Einsatz im intelligenten Bett nicht der absolute Messwert, sondern die Streuung über eine Reihe vergangener Messwerte interessant ist.

RSI Cx-1

Der Cx-1 von RSI erlaubt in der vorliegenden Ausstattung ebenfalls nur das Anschließen eines Sensors zur Zeit. Der Messwert dieses Sensors wird durch die aufgespielte Software allerdings nur alle ≈ 100 ms ausgegeben. Die angelegte Frequenz driftet bei dem Produkt von RSI nicht, was auch eine Verwendung des absoluten Messwerts erlaubt. Durch die Bauform kann der Schwingkreiserzeuger in einer handelsüblichen Unterputz-Dose in die Wand eingelassen werden und integriert sich dadurch sehr gut in einen Wohnbereich.

(CapSense Toolkit)

Beim CapSense Toolkit handelt es sich um einen komplett quelloffenen Schwingkreiserzeuger samt Sensoren, der an der *Ludwig Maximilians Universität München*⁵ entwickelt wurde. Die Protokollspezifikationen sowie die Bau- und Schaltpläne sind frei erhältlich und können nach Bedarf erweitert werden. Inwieweit dieses Toolkit im intelligenten Bett einsetzbar ist konnte bisher nicht erarbeitet werden, da sich die Lieferung des Toolkits verzögert hat. Eine Untersuchung auf Nutzbarkeit soll am Anfang des Masterprojekts 2 stattfinden.

⁴<http://www.capsense.org>

⁵<http://www.uni-muenchen.de/index.html>

3 Sensorentwicklung

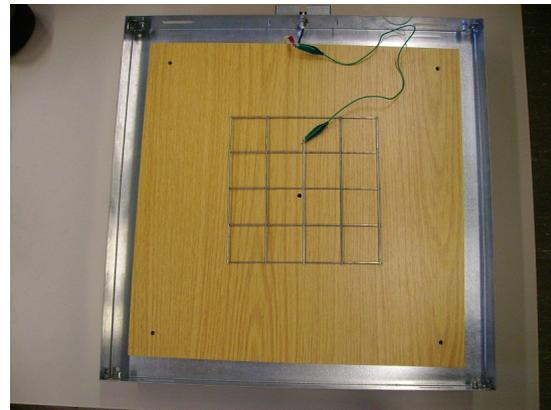
Die Entwicklung eines geeigneten Sensors verlief in mehreren Iterationen, bei denen verschiedene Aspekte unterschiedlich intensiv betrachtet wurden. Neben der Flexibilität des Sensors wurde versucht, den Sensor abzuschirmen, damit der Nutzer nicht über Gebühr einem elektrischen Feld ausgesetzt ist. Die Schirmung ist speziell beim Einsatz im Bett wichtig, da sich ein elektrisches Feld negativ auf die Schlafqualität auswirken kann und des Weiteren zu Akzeptanzproblemen bei den Nutzern führen könnte. Als eine wichtige Voraussetzung stellte sich die Verwendung von geschirmten Kabeln heraus, um unverfälschte Messergebnisse zu erhalten und den Drift im Schwingkreis zu minimieren.

3.1 Iteration 1 - Originale Plattenelektrode von Rode Melder

Die von Rode Melder zur Verfügung gestellte Plattenelektrode (Abbildung 2.1) stammt aus dem Bereich der Sicherheitstechnik. Die Bauform ist recht stabil und zur Montage hinter Gemälden oder in Wänden geeignet. Die Elektrode ist auf nicht leitenden Abstandhaltern in einem geerdeten Rahmen aus Stahlblech montiert, der eine Schirmung zur Rückseite und den Seiten bewirkt. Mit beiden kommerziellen Schwingkreiserzeugern lieferte die Elektrode gute Messwerte, war äußerst sensibel und driftete nur minimal. Durch die unflexible, große Bauform ist die Elektrode für eine Verwendung im intelligenten Bett nicht geeignet.



2.1: Plattenelektrode von Rode Melder



2.2: Modifizierte Elektrode

Abbildung 2: Elektrode von Rode Melder

3.2 Iteration 2 - Modifizierte Plattenelektrode von Rode Melder

Um ein Gefühl dafür zu entwickeln, welche Materialien für die Verwendung als Sensor im Schwingkreis einsetzbar sind, wurde die Elektrode aus dem Schirmungsrahmen entfernt und eine Holzplatte eingepasst. Dank dieser Veränderungen konnten verschiedene Materialien in dem geschirmten Rahmen getestet werden. In Abbildung 2.2 wurde ein Stück Estrichmatte aus dem Baumarkt auf Tauglichkeit überprüft, aber auch Lochbleche, Kaninchendraht und elektrisch leitfähige Stoffe (Vgl. Abschnitt 3.7) wurden erprobt. Dabei

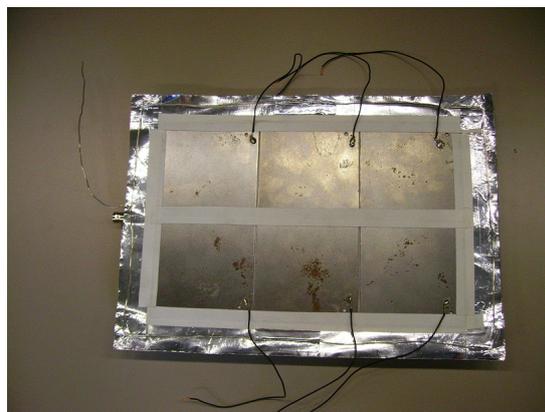
war festzustellen, dass gelochte Materialien (z.B. Estrichmatte) neben der reinen Annäherung auch Bewegung bei auf der Elektrode befindlichen Gegenständen bzw. Personen erfassen können. Durch die Verwendung von anderen Materialien wäre die Herstellung einer Elektrode nach der hier gezeigten Bauform günstig, der Nachteil der unflexiblen Bauform besteht weiterhin.

3.3 Iteration 3 - Abschirmmatrix über einer Plattenelektrode

Ein weiterer Ansatz war die Entwicklung einer Abschirmmatrix, um eine einzelne Plattenelektrode von Rode Melder (Abbildung 3.1) in mehrere Sensorfelder zu segmentieren, um bei der Erfassung der Daten eine höhere Auflösung zu erreichen. Dazu wurden mehrere mit einem Kabel versehene Metallplatten berührungsfrei nebeneinander auf eine nicht leitende Trägerplatte aufgebracht und ohne leitenden Kontakt auf der Plattenelektrode befestigt (Abbildung 3.2). Die einzelnen Metallplatten werden geerdet und schirmen somit die Elektrode. Wird bei einer Metallplatte nun der Kontakt zur Erdung entfernt, so kann die darunter liegende Elektrode in diesem Segment eine Annäherung detektieren. Das Prinzip der segmentweisen Schirmung der Elektrode würde die Erfassung von Annäherung bzw. Bewegung über der Elektrode in einzelnen oder gleichzeitig in mehreren Segmenten ermöglichen. Durch das Hinzu- bzw. Abschalten von Segmenten ergaben sich Spitzen in den Messwerten, die zu Fehlinterpretationen führen könnten.



3.1: Rode Melder Plattenelektrode (klein)



3.2: Abschirmmatrix

Abbildung 3: Elektrode von Rode Melder

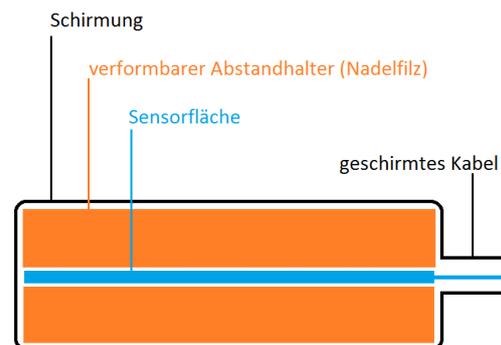
3.4 Iteration 4 - Eigenentwicklung in Sandwich-Bauweise

Bei der Entwicklung der Abschirmmatrix (Abschnitt 3.3) stellte sich heraus, dass sich die Messwerte auch durch die Annäherung der geerdeten Abschirmung an die im Schwingkreis befindliche Fläche der Plattenelektrode (also durch Druck) veränderten. Diese Eigenschaft ermöglichte die Entwicklung eines eigenen Sensors in sogenannter Sandwich-Bauweise (Abbildung 4.1). Dabei wird die Sensorfläche zu beiden Seiten mit verformbaren, nicht leitenden Abstandhaltern (in diesem Fall mit Nadelfilz) gegenüber der umschließenden Schirmung verkleidet (Abbildung 4.2). Wird nun von außen Druck auf den

Sensor ausgeübt, so verformt sich der Nadelfilz und die Schirmung wird der Sensorfläche angenähert. Der Sensor reagiert äußerst sensibel auf von außen einwirkenden Druck, bereits das Ablegen eines Stifts auf der Sensorfläche wird deutlich registriert, während Annäherung an den Sensor durch die komplette Schirmung nicht mehr erfasst wird. Für den Einsatz im intelligenten Bett ist dieser Sensor allerdings zu sensibel und die Bauweise ist aufgrund der Verwendung von Aluminiumfolie für die Schirmung und die Sensorfläche zu anfällig für äußere mechanische Belastungen.



4.1: Gesamtansicht



4.2: Aufbau

Abbildung 4: Eigenentwicklung in Sandwich-Bauweise & Aufbau

3.5 Iteration 5 - Eigenentwicklung in Sandwich-Bauweise 2

Der durch die erste Version des selbst entwickelten Sensors in Sandwich-Bauweise aufgetretene Nachteil der starken Anfälligkeit gegenüber mechanischen Einwirkungen von außen führte zu einer stabileren Weiterentwicklung mit der gleichen Funktionsweise (Abbildung 5.1 - 5.3). Die Sensorfläche (1mm Lochblech) ist dabei wieder zwischen zwei Lagen Nadelfilz als verformbarer, nicht leitender Abstandhalter eingefasst und wird von 1mm starkem Stahlblech geschirmt. Für die nötige Stabilität sorgen je eine Holzplatte auf der Ober- und Unterseite. Die gesamte Konstruktion ist miteinander verschraubt und kann so modulweise eingesetzt werden. Durch die Verwendung von Stahlblech und Holzplatten ist der entwickelte Sensor zum Einen aufgrund der großen und unflexiblen Bauform, zum Anderen durch das hohe Gewicht im intelligenten Bett nicht einsetzbar. Für die im Kontext des Living Place Hamburg geplante Entwicklung einer Sturzerkennung könnte dieser Sensor jedoch hilfreich sein.

3.6 Iteration 6 - Modifizierter Lattenrost

Mit der Idee, den Sensor mit einem bereits bestehenden Bauteil des Bettes zu verbinden entstand in Iteration 6 ein Sensor, der eine Modifikation einer einzelnen Latte eines Lattenrosts darstellt (Abbildung 6.1 & 6.2). Im abgebildeten Testaufbau wurde die Latte auf einem Holzbrett fixiert, um damit einen intakten Lattenrost zu simulieren. Auf die konkave Unterseite der Latte ist eine Schicht aus elastischem Klebeband aufgebracht, auf der



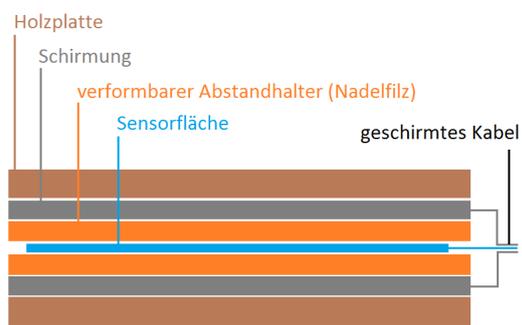
5.1: Gesamtansicht



5.2: Gesamtansicht (offen)



5.3: Übersicht Aufbau



5.4: Aufbau

Abbildung 5: Eigenentwicklung in Sandwich-Bauweise 2 & Aufbau

wiederum eine Schicht Aluminiumklebeband⁶ aufgebracht ist (Abbildung 5.4). Um den gesamten Testaufbau wurde elektrisch leitfähiges Gewebe (Abschnitt 3.7) gespannt, um eine Detektion der Annäherung an die Latte auszuschließen. Wird die Latte nun durchgebogen, so verändert sich auch die Biegung des aufgetragenen Aluminiumklebebands. Diese Veränderung der Biegung ist in den Messergebnissen deutlich sichtbar. Ein großer Vorteil dieses Sensors ist neben der einfachen Integration in eine Wohnumgebung, dass die Latte des Lattenrosts nach dem Durchbiegen immer in ihre ursprüngliche Position zurückkehrt. Diese Eigenschaft ist wichtig, um eine Verfälschung der Messwerte durch anhaltende Verformung zu vermeiden.

3.7 Elektrisch leitfähige Stoffe

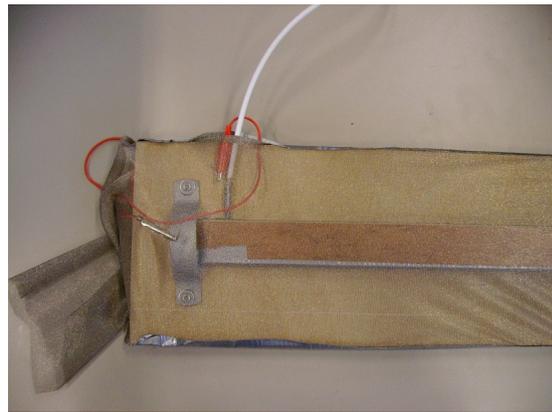
Durch die Recherche im Internet ergab sich ein Kontakt zur Firma Biologa.net⁷, die Produkte zur Abschirmung von nieder- und hochfrequenten Feldern anbietet. Darunter sind auch flexible, mit Metallfäden verwebte Stoffe, die elektrisch leitend sind. Versuche,

⁶Aluminiumklebeband aus dem Baumarkt (findet bei der Verarbeitung von aluminiumkaschierter Dämmwolle sowie im Heizungsbau Verwendung)

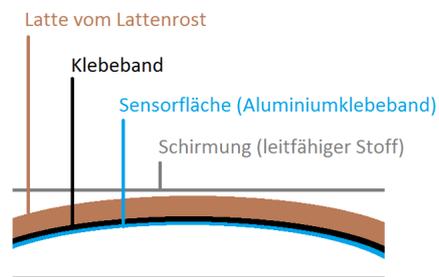
⁷<http://biologa.net>



6.1: Seitenansicht



6.2: Draufsicht



6.3: Übersicht Aufbau

Abbildung 6: Modifizierter Lattenrost & Aufbau

diese Stoffe für einen Sensor im intelligenten Bett zu verwenden, scheiterten an den Verformungseigenschaften der Stoffe, da diese nicht in die Ausgangsposition zurückfielen und damit die Messergebnisse nachhaltig verfälschten. Ebenso führte eine Verschiebung der einzelnen Stoffschichten gegeneinander zu verfälschten Messergebnissen. Zur Schirmung der Sensoren gegenüber dem Nutzer sind die Stoffe jedoch sehr gut geeignet, da ihre Verarbeitung der von normalen Stoffe in nichts nachsteht und dadurch eine Integration in eine Wohnumgebung im höchsten Maß gegeben ist.

4 Entwicklung der Software

Inspiziert durch die Visualisierungssoftware von DRS / Rode Melder (RodeMon) entstand in enger Zusammenarbeit mit Oliver Dreschke eine eigene Visualisierungssoftware für die erfassten Messwerte. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Plattformunabhängigkeit der Applikation gelegt, ebenso wie auf eine leichte Erweiterbarkeit in Bezug auf andere Schwingkreiserzeuger, Kommunikationsmedien oder Darstellungsformen der Messdaten. Um die Plattformunabhängigkeit bestmöglich zu gewährleisten wurde die Software in Java entwickelt. Für die Visualisierung der Daten wurde mit JFreeChart⁸ ein freies Java-Framework verwendet, das eine Vielzahl verschiedener Grafiken, Diagramme und Darstellungsformen anbietet.

Im Laufe des Projekts entstand eine performante Multithreading-Anwendung, die es erlaubt, die Messdaten von mehreren Sensoren unabhängig nebeneinander darzustellen. Dadurch ist es leicht möglich, die Funktionsweise eines Sensors zu überprüfen oder im Rahmen einer Vorführung des Bettes die Funktionsweise und die Idee dahinter anhand von Beispielen anschaulicher zu erläutern.

Die Abbildungen 7 und 8 zeigen das momentane Design der Software. Über den *Device Chooser* (Abbildung 7) wird das Kommunikationsmedium (zur Zeit ein serieller Port) sowie der passende Schwingkreiserzeuger ausgewählt. Ist die Auswahl korrekt, so öffnet sich in einem neuen Fenster das sogenannte *Chart Window* (Abbildung 8), in dem die Messwerte in einem selbst skalierenden Diagramm dargestellt werden. Welche Messwerte dargestellt werden ist abhängig vom Schwingkreiserzeuger und, in zweiter Instanz, von der Selektion des Nutzers (durch Auswahl der anzuzeigenden Werte auf der rechten Seite des *Chart Window*).

Es sind noch viele Erweiterungen für die Software in Planung. Unter anderem ist geplant, 3D-Modelle des intelligenten Bettes sowie des intelligenten Sofas von Oliver Dreschke in die Software zu integrieren. An diesen Modellen soll anstatt des Diagramms gezeigt werden, welche Sensoren eine Messwertänderung erfasst haben, wo diese im jeweiligen Smart Furniture installiert sind und wie stark die Veränderung der Messwerte war. Weitere Änderungen können sich im Rahmen des Master Projekts 2 ergeben und werden bei Bedarf implementiert.

⁸<http://www.jfree.org/jfreechart>

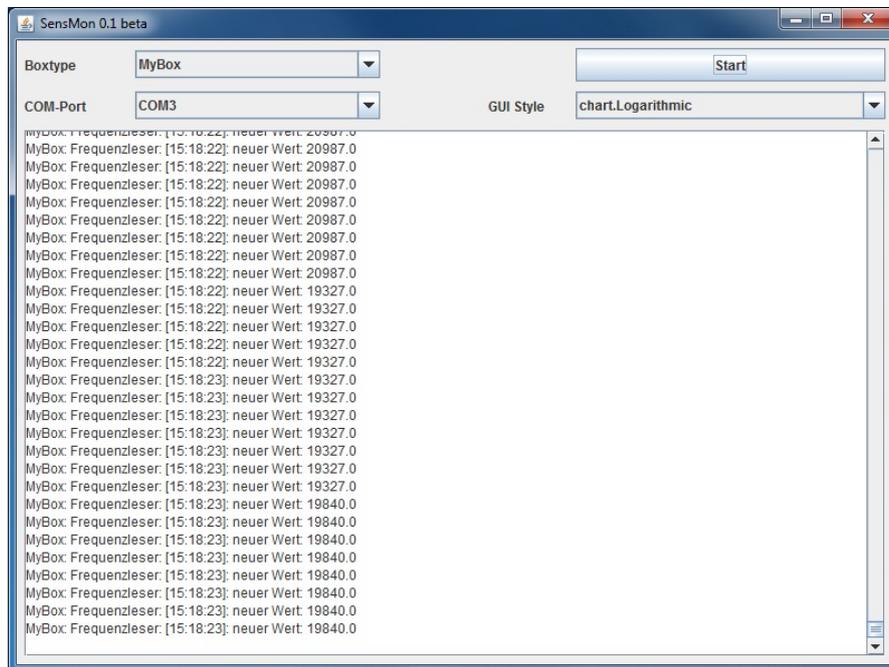


Abbildung 7: Hauptfenster mit Geräteauswahl & Konsole für Ausgaben

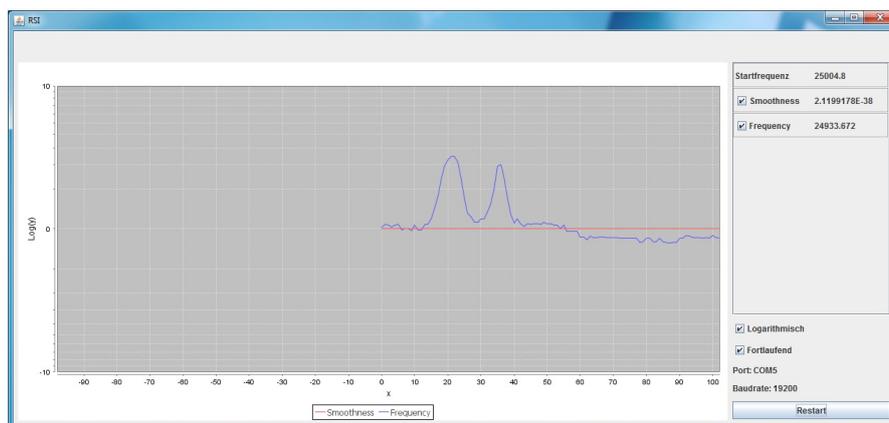


Abbildung 8: Fenster mit der Darstellung der Messwerte in einem fortlaufenden Chart

5 Fazit & Ausblick

Im Rahmen des Masterprojekts 1 wurden mit dem Vergleich der Schwingkreiserzeuger, der Entwicklung eines Sensor-Prototyps sowie der Entwicklung einer leicht erweiterbaren Software zur Visualisierung der Messdaten alle vorher festgelegten Ziele erfüllt. Die iterative Entwicklung eines geeigneten Sensors brachte viele nützliche Erkenntnisse über die möglichen Ansätze, mit denen sich ein kapazitiver Sensor entwickeln und einsetzen lässt. Die unterschiedlichen verwendeten Materialien, speziell die elektrisch leitfähigen Stoffe, erlauben eine große Kreativität für die zukünftige Entwicklung von weiteren Sensoren. Die Entwicklung der Software ermöglicht eine einfache Visualisierung der Messdaten verschiedener Schwingkreiserzeuger und erlaubt durch die leichte Erweiterbarkeit ein schnelles Einbinden neuer Schwingkreiserzeuger oder Kommunikationsmedien.

Im anstehenden Masterprojekt 2 soll ein Prototyp des intelligenten Bettes entstehen, in dem der in Iteration 6 der Sensorentwicklung (Abschnitt 3.6) entworfene modifizierte Lattenrost Verwendung findet. Des Weiteren sollen die anfallenden Messdaten mit einem maschinellen Lernverfahren ausgewertet und eine Aussage über den Zustand des Nutzers im Bett getroffen werden. Dafür müssen Trainingsdaten erstellt und ein Lernverfahren ausgewählt, trainiert und getestet werden. Die entwickelte Visualisierungssoftware soll um die geplanten 3D-Modelle, den bestellten CapSense Toolkit Schwingkreiserzeuger sowie die Kommunikation über LAN erweitert werden. Durch die verzögerte Lieferung des CapSense Toolkits muss dieser noch auf seine Einsetzbarkeit im intelligenten Bett überprüft werden.

Als Vorarbeit der Masterarbeit sollen die aus den Messdaten gewonnenen Erkenntnisse über den Nutzer aufbereitet und dem Living Place Hamburg zur Verfügung gestellt werden.

Literatur

- [Dreschke 2010] DRESCHKE, Oliver: Computational Furniture, I know where you sit / HAW Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master09-10-seminar/dreschke/bericht.pdf>, 2010. – Forschungsbericht. [Vortrag vom 12.01.2010, Seminar]
- [Hardenack 2010] HARDENACK, Frank: Das intelligente Bett - Interpretation von Schlafphasen als Beispiel für Bodymonitoring im Living Place Hamburg / HAW Hamburg. URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master09-10-aw1/Hardenack/bericht.pdf>, 2010. – Forschungsbericht. [Vortrag vom 04.11.2009, AW1]