



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Ausarbeitung Projekt 2 WiSe 2010

Philipp Teske

Human Fall Detection

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	3
1.1 Motivation.....	3
1.2 Struktur und Schwerpunkt dieser Arbeit.....	3
1.3 Rückblick Projekt 1.....	3
2 Bildverarbeitung	4
2.1 Optimierung der Bewegungserkennung.....	4
2.2 Erkennung von zusammenhängenden Bereichen.....	5
3 Externe Sensoren	6
3.1 Kapazitive Sensoren.....	6
3.2 Erschütterungssensoren.....	12
4 Zusammenfassung	14
5 Abbildungsverzeichnis	15
6 Literaturverzeichnis	16

1 Einführung

1.1 Motivation

Demographische Untersuchungen zeigen, dass die Geburtenrate in Deutschland seit Mitte der 90er Jahre kontinuierlich sinkt [1]. Da sich durch gute medizinische Versorgung die Lebenserwartung jedoch in gleichem Maße erhöht, führt dies zu einem steigenden Altersdurchschnitt in der Bevölkerung. Durch die zunehmende Lebenserwartung bei gleichzeitiger sinkender Kinderzahl gerät das gesamte soziale Versorgungssystem, d.h. Kranken-, Pflege-, und Rentenversicherungssystem unter enormen Druck.

Viele alte Menschen wollen ihren Lebensabend nicht in einem Seniorenheim verbringen, sondern sich in ihrem häuslichen Umfeld pflegen lassen. Die ambulante Pflege gewährt ihnen einerseits einen gewissen Grad an Selbständigkeit, bedeutet aber auch eine erhöhte Unfallgefahr bei Nichtanwesenheit des Pflegepersonals.

In Deutschland stürzen jährlich über 100.000 ältere Menschen. Oftmals kommt die Person mit einem Schrecken davon, nicht selten jedoch führt ein Sturz zu schweren Verletzungen. Dies bedeutet häufig lange Genesungszeiten und Krankenhausaufenthalte. Hinzukommend ist besonders bei älteren Personen festzustellen, dass sie sich aus Angst erneut zu Stürzen vorsichtiger und weniger bewegen als vorher. Dies hat zur Folge, dass die Muskelkraft nachlässt, sie somit unsicherer in ihren Bewegungen werden und es, dadurch bedingt, zu weiteren Stürzen kommt. Da Stürze in den meisten Fällen aus einer Verkettung mehrerer Faktoren bestehen, lassen sie sich nur schwer verhindern. Daher ist es umso wichtiger, für eine schnelle Hilfe nach einem Unfall und vollständige Genesung zu sorgen und ihnen die Angst vor einem erneuten Sturz zu nehmen. Dies gibt besonders alleinlebenden Personen die Sicherheit, im Notfall nicht alleine zu sein.

1.2 Struktur und Schwerpunkt dieser Arbeit

Im weiteren Verlauf dieser Ausarbeitung wird näher auf das vorherige Projekt und der dort implementierte Algorithmus zur Bewegungserkennung eingegangen. Weiterhin werden verschiedene Erweiterungen und Optimierungen hierfür vorgestellt. Kapitel 3 befasst sich anschließend mit verschiedenen Sensoren zur Sturzerkennung. Hierzu wurden Versuche mit kapazitiven und seismischen Sensoren durchgeführt und die Ergebnisse in Kapitel 3.1 bzw. 3.2 erläutert.

1.3 Rückblick Projekt 1

Im Projekt 1 wurden mehrere Software-Bibliotheken aus dem Bereich der Bildverarbeitung auf ihre Verwendbarkeit hin evaluiert. Es hat sich herausgestellt, dass die frei Bibliothek *OpenCV* für die Verwendung am besten geeignet ist. Sie enthält eine Vielzahl von Funktionen, welche die

weitere Arbeit erleichtert. Zudem ist bereits eine Schnittstelle für Netzwerkstreams integriert, was eine einfache Anbindung an die vorhandene Kamera erlaubt. Im weiteren Verlauf des Projektes wurde versucht, verschiedene Verfahren der Bewegungserkennung zu implementieren. Hierbei hat sich gezeigt, dass ein Großteil der Rechenleistung für die Generierung des Hintergrundmodells benötigt wird. Je nach Komplexität des Modells verzögerte sich bei Bildern mit einer Auflösung von 800x600 Pixeln die Verarbeitung um mehrere Sekunden. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass das Hintergrund-Modell sehr empfindlich auf Bildveränderungen, welche durch die Kamera ausgelöst werden, reagiert. So führen vermutlich bestimmte Änderungen in der Umgebungshelligkeit dazu, dass die Kamera ihre automatische Blendeneinstellung neu justiert und somit das Bild kurz überbelichtet wird. Dies bewirkt im Hintergrundmodell eine starke, sprunghafte Abweichung vom eigentlichen Bild. Zusammen mit den aktuellen Bilddaten der Kamera, welche nach der Neujustierung nun eine andere Helligkeit aufweisen, führt dies dazu, dass nahezu im kompletten Bild Bewegungen erkannt und es somit unbrauchbar wird. Dies und die Verarbeitungsgeschwindigkeit des Hintergrundmodells gilt es im nächsten Projekt weiter zu optimieren. Zudem soll eine zuverlässige Klassifizierung der erfassten Objekte implementiert werden, um Personen von anderen Dingen unterscheiden zu können.

2 Bildverarbeitung

Im Laufe des Projekts wurden mehrere Optimierungen und Erweiterungen an der Software zur Auswertung der Videostreams vorgenommen. Die Änderungen umfassen die Beschleunigung der Bewegungserkennung, die Detektion von zusammenhängenden Bereichen in Binärbildern sowie die Extraktion der für die Sturzerkennung nötigen Merkmale aus den vorverarbeiteten Bildern.

2.1 Optimierung der Bewegungserkennung

Die Bewegungserkennung wurde insoweit geändert, dass die einzelnen Funktionen für die Verwendung auf Multicore-Prozessoren hin ausgelegt sind. Dies brachte gegenüber der ursprünglichen Implementation eine Geschwindigkeitssteigerung von fast 100%. Die einzelnen Aufgaben wurden hierfür jeweils auf mehrere Threads verteilt. Durch die zeilenweise Aufteilung der Bilddaten im Speicher ließ sich eine einfache Unterteilung in verschiedene Threads realisieren, ohne dass diese in den selben Speicherbereichen arbeiten (Abbildung 1).

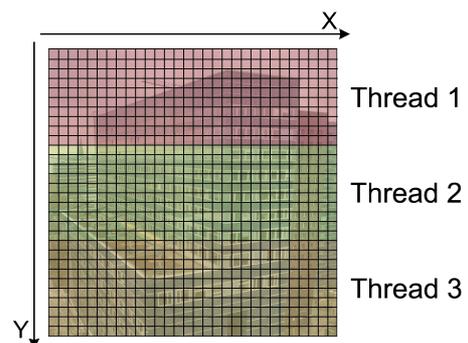


Abbildung 1: Aufteilung eines Bildes in mehrere Threads

Obwohl sich diese Einteilung nur bei Aufgaben anwenden lässt, bei denen Pixel unabhängig von ihrem Nachbarn bearbeitet werden, hat sie sich als äußerst performant erwiesen. Der Vorteil ergibt sich aus der Lastverteilung, da jeder Thread nahezu die gleiche Abarbeitungsdauer hat (Abbildung 3). Während bei einem Thread pro Aufgabe zwar ein Pipeline artiger Ablauf stattfinden würde (Abbildung 2), bei der mehrere Bilder in den unterschiedlichen Pipelinestufen bearbeitet werden können, würde jedoch die Gesamtgeschwindigkeit durch die aufwendigste Funktion begrenzt werden.

Des Weiteren wurde die Programmierung so gehalten, dass die Anzahl der möglichen Threads nur durch die Zeilen des Eingangsvideos begrenzt ist. Dies erlaubt eine einfache Anpassung an Systeme mit mehreren Prozessoren.

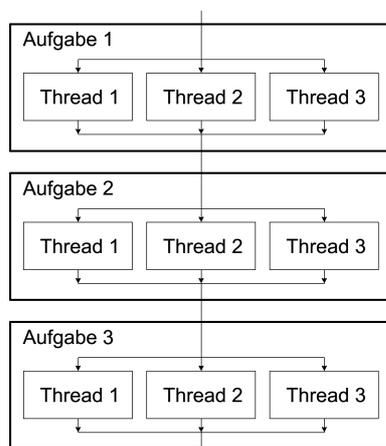


Abbildung 3: Aufgabenverteilung parallel auf mehrere Threads

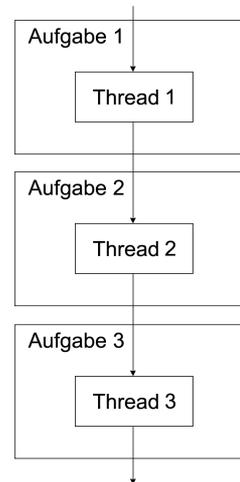


Abbildung 2: Aufgabenverteilung seriell

2.2 Erkennung von zusammenhängenden Bereichen

Für eine Vorsortierung sowie der Extraktion der benötigten Merkmale ist es nötig, die hellen Bereiche des Binärbildes getrennt voneinander zu betrachten.

Dies geschieht, indem alle zusammenhängenden Pixel einer Farbe zu einem eigenen Bereich zusammengefasst werden. Dieses Verfahren ist als *Connected Component Labeling* oder *Blob extraction* bekannt.

Zu den am häufigsten implementierten Algorithmen zählen der *Two-Pass* Algorithmus und seine Derivate [2]. In der Grundform dieses relativ einfachen Algorithmus' wird das komplette Bild zweimal durchlaufen. Der erste Durchlauf dient dem Finden von Gleichheiten bei benachbarten Pixeln sowie zum Zuweisen von temporären IDs. Hierfür wird das Bild einmal komplett durchlaufen und je nach Implementation 2 (4-connectivity) oder 4 (8-connectivity) mögliche Nachbarn mit einbezogen. Sollte kein Nachbar existieren, dem bereits eine ID zugewiesen wurde, bekommt der Pixel eine neue. Sollten jedoch ein oder mehrere Nachbarn bereits eine ID besitzen,

wird dem Pixel die kleinste, angrenzende ID zugewiesen. Zusätzlich werden alle IDs der Nachbarn gespeichert und markiert, dass diese untereinander verbunden sind.

Im zweiten Durchlauf werden die IDs durch ein endgültiges Label ersetzt. Hierfür wird das Bild erneut durchlaufen und allen IDs, die als untereinander verbunden markiert sind, der kleinste Wert aus dieser Gruppe zugewiesen.

Eine Optimierung des Verfahrens ist der One-Pass Algorithmus. Dieser identifiziert und benennt die verbundenen Bereiche in einem Durchgang. Durch den Wegfall des zweiten Durchgangs ergibt sich bei wenigen, großen Bereichen eine signifikante Abarbeitungsgeschwindigkeit gegenüber der Two-Pass Variante. Da jedoch alle bereits detektierten Bereiche mit einbezogen werden, sinkt mit zunehmender Anzahl die Arbeitsgeschwindigkeit [2].

Während der Versuche hat sich gezeigt, dass selbst der Two-Pass Algorithmus in seiner Grundform ausreichend schnell ist, um ein Bild von 800x600 Pixeln mit bis zu 20 Bildern pro Sekunde zu bearbeiten. Dennoch wurde auf eine in OpenCV integrierte Implementation zurückgegriffen. Diese arbeitet allerdings nicht nach dem oben beschriebenen Prinzip, stattdessen werden zusammenhängende Bereiche an den Konturen erkannt. Zudem ist bereits eine Möglichkeit integriert, die es erlaubt einzelne Bereiche über die Zeit eindeutig zu identifizieren.

3 Externe Sensoren

Zusätzlich zu der Sturzerkennung mittels Bildverarbeitung sollen zur Unterstützung verschiedene geeignete Sensoren eingesetzt werden.

Im weiteren Verlauf des Projekts wurden zwei verschiedene Sensorarten auf ihre Verwendbarkeit hin untersucht.

3.1 Kapazitive Sensoren

Kapazitive Sensorsysteme dienen zur Messung von Ladungsunterschieden. Sie bestehen aus einer Steuer- und Auswertungseinheit sowie einer elektrisch leitfähigen Elektrode, die zusammen mit dem zu messenden Objekt einen Kondensator bildet. Je nach Abstand oder Verformung des Objekts ändert sich die messbare Kapazität dieses Kondensators. Die Einsatzgebiete von kapazitiven Sensoren umfassen die Messung von Drücken in Gasen oder Flüssigkeiten, sowie die Messung von Abständen, Annäherungen und Bewegungen.



Abbildung 4: Teppich aus Malervlies

Für dieses System wurden jedoch nur Technologien betrachtet, die zur Messung von Abständen und Annäherungen dienen, da die eingesetzten kapazitiven Sensoren in Böden oder Teppichen integriert werden sollen.

Als Elektroden dienten neben verschiedenen dicken Kabel auch ein ca. 3cm breites Aluminiumklebeband. Um einen möglichst realitätsnahen Versuchsaufbau zu erreichen, wurde ein Teppich mit 2 Meter Kantenlänge aus Malervlies hergestellt und die Elektroden an diesem rasterförmig angebracht (Abbildung 4). Anschließend wurden mit diesen Elektroden unterschiedliche kapazitive Sensorarten getestet. Da sich bereits sehr früh gezeigt hat, dass bei dem Aluminiumklebeband durch starkes Übersprechen zwischen den Elektroden keine zuverlässigen Messungen möglich waren, wurde dieser Versuch nicht weiter verfolgt.

Erste Überlegungen ergaben, dass die Elektrode nichts anderes als einen Kondensator darstellt und somit auch die Zeit welche die Elektrode zur Auf- und Entladung benötigt, wie bei jedem anderen Kondensator auch, gemessen werden kann. Hierfür wird die Elektrode mit einem definierten Strom aufgeladen, bis die Spannung eine festgelegte Schwelle überschreitet. Anschließend wird die Elektrode wieder entladen und der Vorgang beginnt von neuem. Durch Berühren oder Annähern an die Elektrode vergrößert sich deren Kapazität, wodurch ein Auf- und Entladen mehr Zeit in Anspruch nimmt. Die Kapazitätsänderung der Elektrode bewegt sich im Bereich von wenigen pF, was eine sehr genaue Zeitmessung voraussetzt.

Der Versuchsaufbau hierfür wurde, entsprechend Abbildung 5, auf einem Steckbrett realisiert. Für die Auswertung diente ein Atmega48 mit 10Mhz

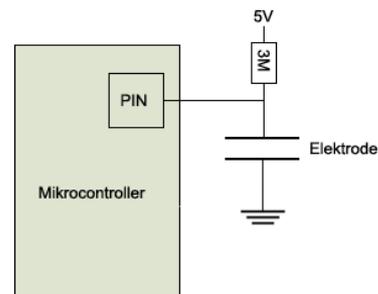


Abbildung 5: Simpler kapazitiver Sensor

Taktfrequenz. Als Stromquelle wurde ein 3 Mega-Ohm Widerstand gegen 5V geschaltet, was einem Strom von $5\mu\text{A}$ entspricht. Als Elektrode diente eine Aluminiumquadrat mit etwa 7,5cm Kantenlänge.

Abbildung 6 zeigt das Messergebnis des Aufbaus. Eine Berührung der Elektrode mit dem Finger fand etwa zwischen dem 150ten und 300ten Messpunkt. Es sind deutlich die extremen Schwankungen in diesem Bereich auf der Y-Achse zu erkennen. Diese entstehen vermutlich durch induzierte Spannungen durch den menschlichen Körper. Ebenfalls deutlich zu sehen sind die minimalen periodischen Schwankungen vor und nach der Berührung. Da diese in Abständen von etwa 20mS auftreten handelt es sich hierbei höchst wahrscheinlich um nicht gefilterte Reste der 50Hz Netzspannung.

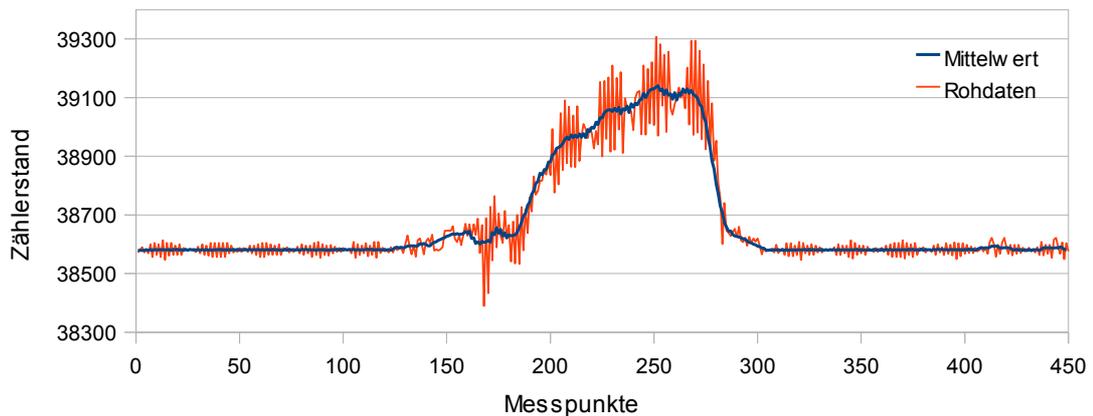


Abbildung 6: Kapazitätsmessung eines Feldes durch Zeitmessung

Bei Anschluss eines der im Teppich verlegten 2m langen Kupferkabel mit 0.14mm Querschnitt hingegen ergibt sich ein Messbild wie in Abbildung 7. Der Zählerstand ist gegenüber der Ruhelage der vorherigen Messung nur um knapp 500 Punkte gestiegen, dennoch ist es nicht mehr möglich in dem Signalverlauf eine Berührung zu detektieren.

Aufgrund ihrer Länge verhält sich das Kabel vermutlich wie eine Antenne und empfängt ein bestimmtes Frequenzspektrum. Da in dem verwendeten Teppich jedoch Leitungen von min. 2m Länge integriert sind, erweist sich diese Art von Sensoren als ungeeignet für die weitere Arbeit.

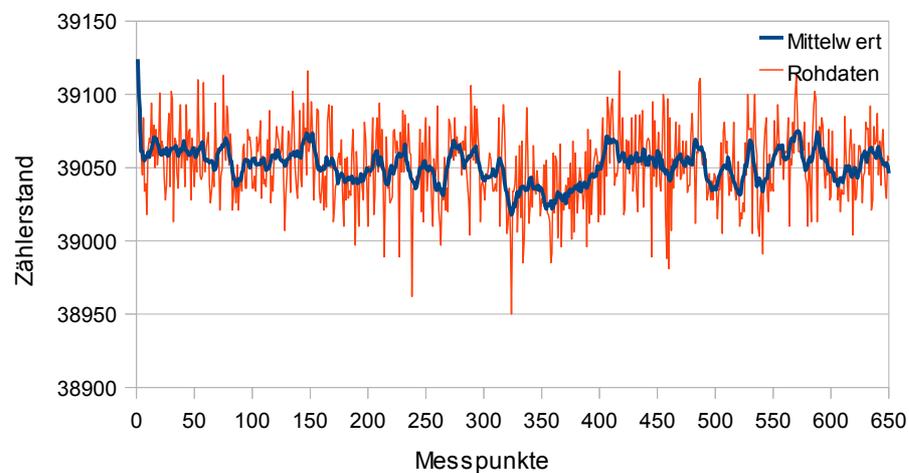


Abbildung 7: Kapazitätsmessung eines Kabels durch Zeitmessung

Eine weitere der verwendeten Techniken basiert auf der *QTouch*[®] Technologie von Atmel. Diese arbeitet durch ein Verschieben der Ladung aus der Elektrode in einen Kondensator mit bekannter Größe [3]. Hierfür wird die Elektrode auf ein festgelegtes Potential gebracht und durch das zu messende Objekt aufgeladen. Anschließend wird die Ladung in den Kondensator C_s übertragen (Abbildung 8). Dieser Zyklus wiederholt sich so lange, bis die Spannung an C_s einen definierten Wert übersteigt. Durch eine Annäherung eines Objekts an die Elektrode erhöht sich die übertragene Ladung, wodurch die Spannung an C_s schneller erreicht wird. Dies macht sich durch eine geringere Anzahl an Zyklen bemerkbar.

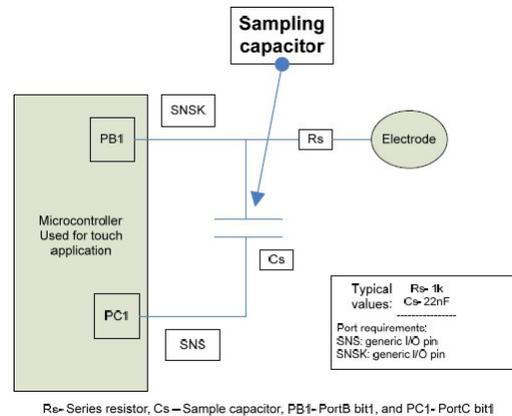


Abbildung 8: Aufbau QTouch[®]
 [Quelle: [3]]

Der Versuchsaufbau bestand aus einem Steckbrett, auf dem ein 10nF Keramikkondensator als Sampling Kondensator, sowie ein 1k Ohm Widerstand, an welchen die selben Elektroden wie im vorherigen Versuch angeschlossen wurde, befestigt war. Die Auswertung übernahm ebenfalls ein Atmel ATmega48, der mit 10Mhz Taktfrequenz betrieben wurde und die gemessenen Daten über seine serielle Schnittstelle an den PC übertrug. Am auffälligsten an den Messergebnissen war, dass es so gut wie keine Schwankungen der Werte gab. Wie in Abbildung 9 zu sehen ist, liegt der Mittelwert nahezu exakt über den Werten der Rohdaten. Die Berührung zwischen Messpunkt 350 und 550 hebt sich eindeutig von der Ruhelage ab.

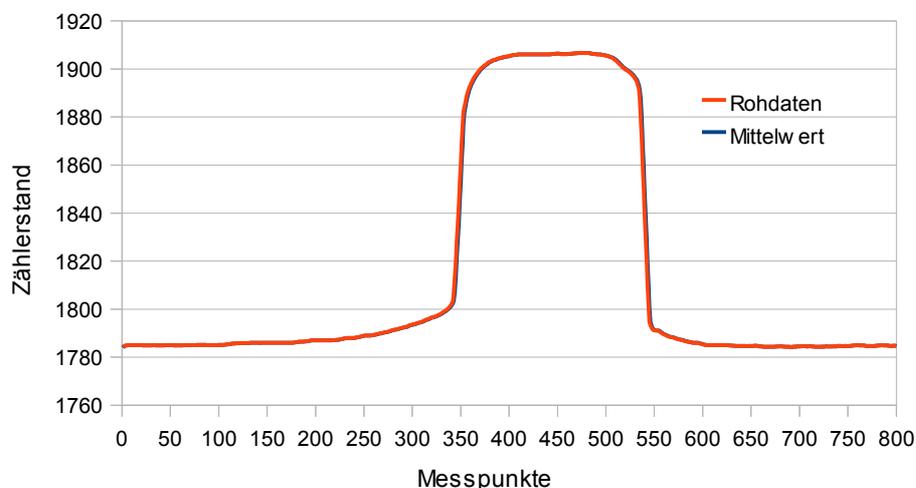


Abbildung 9: Kapazitätsmessung durch Ladungsumschichtungen

Verband man diesen Versuchsaufbau nun ebenfalls dem Kabel zeigte sich immer noch ein deutlicher Ausschlag (Abbildung 10). Gleichwohl lässt sich jedoch erkennen, dass dieser erheblich kleiner ausfällt als bei der vorherigen Messung. Zusätzlich nimmt die Schwankung der Messwerte sichtbar zu. Ein Grund hierfür könnte die Eigenkapazität der Leitung sein. Wenn diese eine Kapazität aufweist, die in etwa der des Sample Kondensators entspricht, sind weniger Ladungsumschichtungen nötig, um diesen zu füllen.

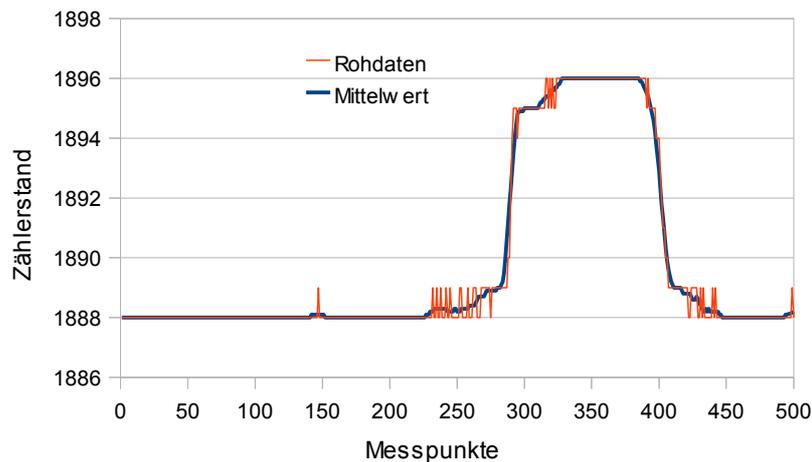


Abbildung 10: Kapazitätsmessung einer Leitung durch Ladungsumschichtung

Um wieder eine größere kapazitive Differenz zwischen Sampling Kondensator und der Elektrode zu erreichen, musste dieser durch einen größeren ersetzt werden. Für einen weiteren Versuch wurde daher ein 47nF Kondensator verwendet. Mit diesem zeigte sich, wie in Abbildung 11 ersichtlich, eine deutlich größere Spanne zwischen Ruhelage und Berührung, zusätzlich stiegen jedoch auch die Schwankungen der Werte deutlich an. Mit einer entsprechenden Filterung der Daten erscheint dieses Verfahren für die Verwendung in dem Teppich gut geeignet zu sein. Ein weiterer Vorteil hierbei ist, dass der Aufbau mit sehr wenig Bauteilen auskommt, was die Kosten und den Platzbedarf äußerst gering hält.

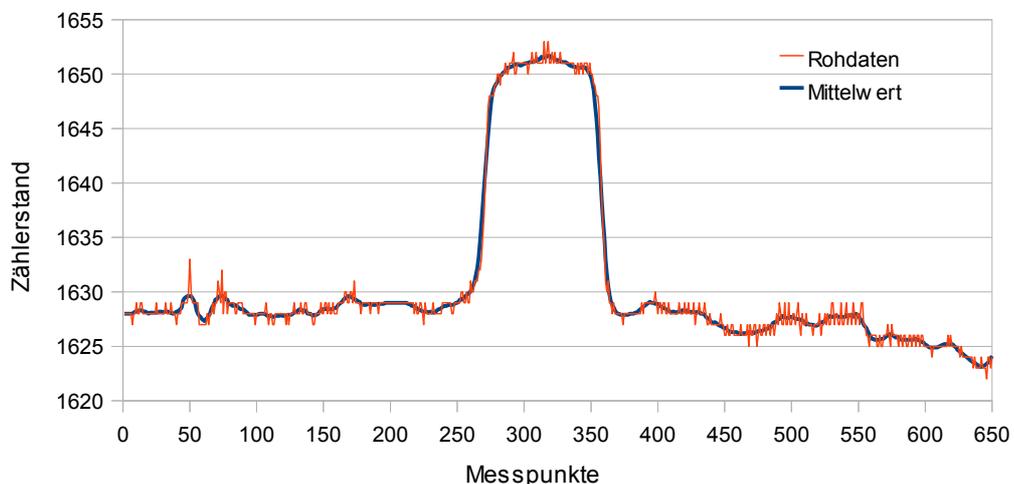


Abbildung 11: Kapazitätsmessung einer Leitung durch Ladungsumschichtung (47nF Kondensator)

Als letztes wurde das von Raphael Wimmer an der Universität München entwickelte Toolkit *CapToolKit (CTK)* eingesetzt. Dieses besteht aus einer Steuereinheit, an welches bis zu 8 einzelne Sensoren angeschlossen werden können (Abbildung 12) und verwendet eine ähnliche Methode wie oben beschrieben, d.h. die Sensoren übernehmen das Auf- und Entladen der Elektrode und signalisieren der zentralen Steuereinheit wann die Elektrode auf- oder entladen ist. In der Steuereinheit werden die zeitlichen Abstände zwischen diesen Zuständen in eine Frequenz umgewandelt. Hierbei werden immer zwei Sensoren zeitgleich ausgewertet. Bevor die Signale letztendlich an den PC weitergeleitet werden, durchlaufen sie noch eine Filterung, welche fehlerhafte Daten aussortiert und für einen gleichmäßigeren Verlauf sorgt [4].

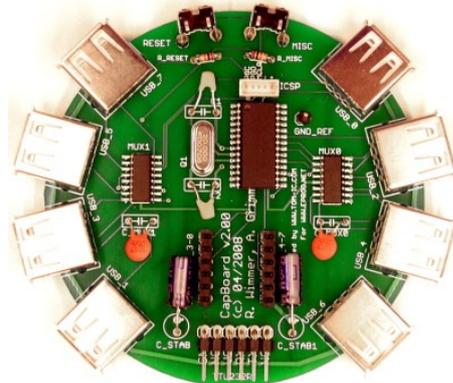


Abbildung 12: CapToolKit – CapBoard
[Quelle: [4]]

Als Elektrode wurde wieder ein Aluminiumquadrat und eines der im Teppich verlegten Kabel verwendet. Abbildung 13 zeigt die Messung der Aluminiumelektrode. CapToolKit erwies sich als erstaunlich empfindlich. Wie durch den Anstieg der Werte zwischen Messpunkt 50 und 150 ersichtlich, ließ sich bereits die Annäherung an die Elektrode detektieren. Des weiteren zeigten sich deutliche Schwankungen beim Ansteigen und Abfallen der Werte.

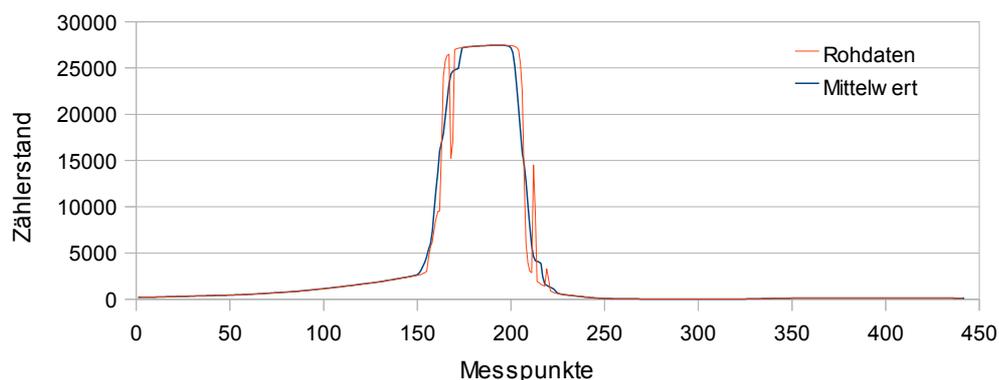


Abbildung 13: Kapazitätsmessung einer Aluminiumelektrode durch CapToolKit

Bei Anschluss eines Kabels als Elektrode zeigten sich kaum Unterschiede zu der vorherigen Messung, was sehr für die Stabilität dieses Systems spricht. Lediglich der Ausschlag des Zählers ist gesunken (Abbildung 14).

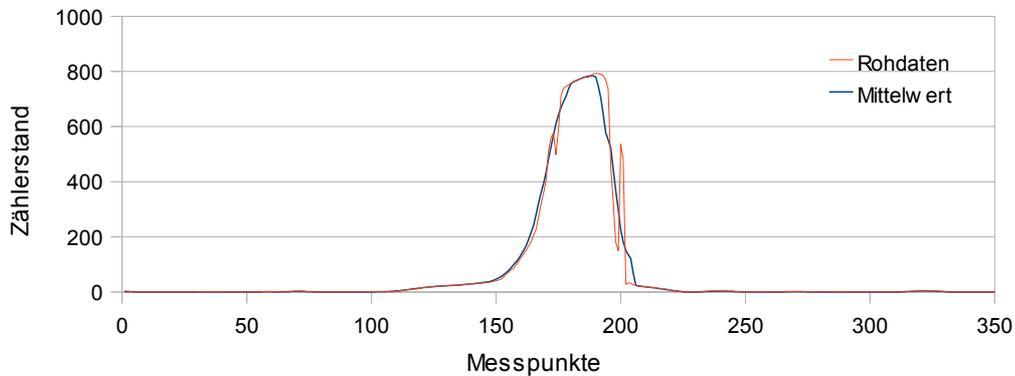


Abbildung 14: Kapazitätsmessung eines Kabels durch CapToolKit

3.2 Erschütterungssensoren

Ein Erschütterungssensor dient zum registriert von Schwingungen eines Objektes. Aufgrund ihrer Eigenschaft an den zu detektierenden Objekten befestigt zu sein, werden sie auch häufig als Körperschallsensor bezeichnet. Gängige Einsatzgebiete dieser Sensoren sind als Glasbruchmelder Einbruchmeldeanlagen, als Nachweis für einen sachgemäßen Transport von empfindlichen Dingen oder in Seismographen zur Detektion von seismischen Wellen. Die einfachste Art eines Erschütterungssensors ist eine seismische Masse, welche an einer Feder oder Pendel befestigt ist und bei Erschütterungen in Schwingung gerät (Abbildung 15). Diese rein

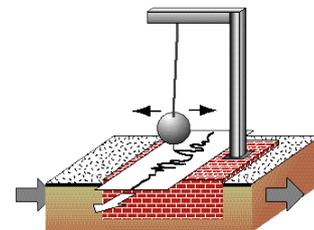


Abbildung 15: Seismograph
[Quelle: slohs.slcsd.org]

mechanischen Seismographen wurden bis Anfang des 20. Jahrhunderts eingesetzt und werden heutzutage nur noch als Anschauungs- und Forschungsobjekt verwendet. Heutige Erschütterungssensoren verwenden zwar immer noch eine seismische Masse, sind jedoch dank moderner Mikrotechnik wesentlich kleiner und empfindlicher geworden. Eine Art dieser Sensoren sind *Mikro-Vibrationsschalter*. Diese bestehen in ihrem Inneren aus einer frei beweglichen Kugel, welche bei Erschütterungen zwei Kontakte miteinander überbrückt oder unterbricht [5]. Die daraus resultierenden Impulse können durch weitere Elektronik ausgewertet werden.

Eine andere Technik basierte auf dem piezoelektrischem Effekt. Durch Anlegen einer Spannung lassen sich bestimmte Materialien verformen. Umgekehrt führt dieser Effekt zur Entstehung einer Spannung bei Druck oder Verformung dieser piezoelektrischen Materialien. Das bekannteste Material mit diesen Eigenschaften ist Quarz.

Quarkristalle dienen heutzutage nahezu in jeder Uhr und elektronischen Schaltung als Taktgeber. Jedoch weisen auch keramische Werkstoffe piezoelektrische Eigenschaften auf. Diese findet man häufig in ferroelektrischen Lautsprechern (Abbildung 16). Durch anlegen einer elektrischen Wechselfspannung an das piezoelektrische Material, verändert dieses seine Form. Die entstehende Bewegung wird auf eine Membrane übertragen welche diese in Schallwellen umsetzt. Umgangssprachlich werden diese Lautsprecher daher auch als Piezoschallwandler bezeichnet [6].



Abbildung 16: Ferroelektrischer Lautsprecher

Auf umgekehrte Weise kann man sich den oben beschriebenen Effekt zu Nutze machen, um Druckänderungen auf dem Schallwandler zu detektieren. Für einen Versuchsaufbau wurde der in Abbildung 16 gezeigte Schallwandler mit einem Gewicht von etwa 250 Gramm belastet und auf einer ebenen Fläche befestigt. Da die erzeugte Spannung je nach Druck nur einige Mikrobis Millivolt betragen kann, wurde diese um den Faktor ~ 100 verstärkt. Die Auswertung übernahm der bereits in Kapitel 3.1 eingesetzte Mikrocontroller. Wie in Abbildung 17 erkennbar heben sich, trotz starker Schwankungen der Werte, die beiden Erschütterungen, die in 3 und 5 Meter Entfernung erzeugt wurden, deutlich ab. Die Schwankungen zwischen den Erschütterungen deuten auf eine unsaubere Versorgungsspannung hin. Ein zusätzlich in direkter Nähe des Sensors stehender PC könnte zusätzlich zu diesem unsauberen Messverlauf beigetragen haben.

Obwohl diese Art von Sensoren einen äußerst präzisen und sauberen Schaltungsaufbau zu benötigen scheinen, könnten sie durchaus zu einer Erkennung von Stürzen beitragen. Bevor jedoch eine Entscheidung gefällt werden kann, ist es nötig weitere Versuche mit anderen Erschütterungssensoren durchzuführen.

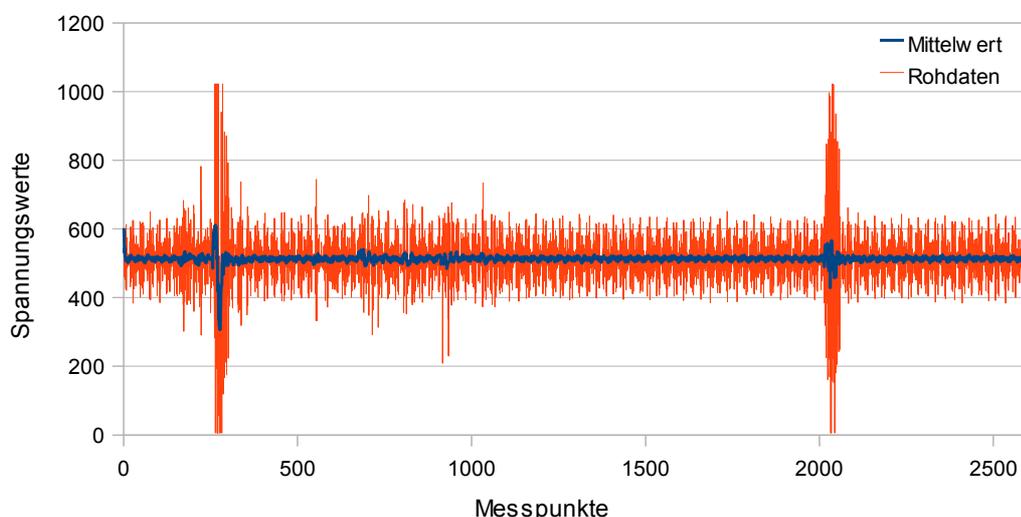


Abbildung 17: Erschütterungssensors Auswertung

4 Zusammenfassung

In dieser Ausarbeitung wurde rückblickend auf die Erfolge des vorangegangenen Projektes eingegangen. Dies umfasst die Evaluierung verschiedener Bibliotheken zur Bildverarbeitung sowie die Implementation eines Algorithmus zur Bewegungserkennung. In Kapitel 2 wurden Optimierung der Bewegungserkennung erläutert sowie näher auf die Technik der Detektion von zusammenhängenden Bereichen eingegangen. Kapitel 3 befasst sich abschließend mit verschiedenen Arten von Sensoren. Hier wurde das Funktionsprinzip kapazitiver und seismischer Sensoren aufgezeigt und die Ergebnisse verschiedener Messungen erläutert.

5 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufteilung eines Bildes in mehrere Threads.....	4
Abbildung 2: Aufgabenverteilung seriell.....	5
Abbildung 3: Aufgabenverteilung parallel auf mehrere Threads.....	5
Abbildung 4: Teppich aus Malervlies.....	6
Abbildung 5: Simpler kapazitiver Sensor.....	7
Abbildung 6: Kapazitätsmessung eines Feldes durch Zeitmessung.....	8
Abbildung 7: Kapazitätsmessung eines Kabels durch Zeitmessung.....	8
Abbildung 8: Aufbau QTouch®.....	9
Abbildung 9: Kapazitätsmessung durch Ladungsumschichtungen.....	9
Abbildung 10: Kapazitätsmessung einer Leitung durch Ladungsumschichtung.....	10
Abbildung 11: Kapazitätsmessung einer Leitung durch Ladungsumschichtung (47nF Kondensator).....	10
Abbildung 12: CapToolKit – CapBoard.....	11
Abbildung 13: Kapazitätsmessung einer Aluminiumelektrode durch CapToolkit.....	11
Abbildung 14: Kapazitätsmessung eines Kabels durch CapToolKit.....	12
Abbildung 15: Seismograph.....	12
Abbildung 16: Ferroelektrischer Lautsprecher.....	13
Abbildung 17: Erschütterungssensors Auswertung.....	13

6 Literaturverzeichnis

- 1 Steffen Kröhnert, Franziska Medicus, Rainer Klingholz: *Die demographische Lage der Nation - Kurzfassung*, 2006
- 2 *Wikipedia - Connected Component Labeling* - URL en.wikipedia.org/wiki/Blob_extraction
- 3 Atmel : *QTouch Library User Guide*, Mai 2010
- 4 *CapToolKit* - URL www.capsense.org
- 5 *Mikro-Vibrationsschalter* - URL www.mstbw.de/imperia/md/content/mstbw/bestpractice/fzk_mikrovibrationsschalter.pdf
- 6 *Ferroelektrischer Lautsprecher* - URL de.wikipedia.org/wiki/Ferroelektrischer_Lautsprecher

Zugriffsdatum der Webseiten: 23.02.2011