



universität
wien

Magisterarbeit

Titel der Magisterarbeit

Sturzerkennungsmethoden im Vergleich

Verfasser

Gerhard Schiemer, Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat)

Wien, im Juli 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt: Sportwissenschaft

Betreuer: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Arnold Baca

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde daher weder an einer anderen Stelle eingereicht (z.B. für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen (z.B. Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt.“

Schiemer Gerhard

Inhalt

Zielsetzung.....	4
A Hermeneutischer Teil.....	5
1 Einleitung.....	5
1.1 Motivation	5
1.2 Problemstellung	7
1.3 Gliederung der Arbeit.....	10
2 Der Sturz	11
2.1 Sturzfolgen.....	12
2.2 Sturzursache und Risikofaktoren	14
2.3 Sturzprävention.....	16
3 Einordnung von Ambient Assisted Living (AAL)	20
3.1 Ambient Intelligence	20
3.2 Ubiquitous Computing/ Pervasive Computing.....	20
3.3 Ambient Assisted Living.....	22
4 Anwenderakzeptanz.....	27
5 Sturzerkennungsmethoden	32
5.1 Phasen der Sturzerkennung.....	33
5.1.1 Erste Phase	33
5.1.2 Zweite Phase	33
5.1.3 Dritte Phase.....	34
5.1.4 Vierte Phase	34
5.2 Einteilung ortsunabhängiger Erkennungsmethoden nach den Sturzphasen	34
5.2.1 Sensoren und Lokalisation	34
5.2.2 Pre- Impact.....	38
5.2.3 Impact	41
5.3 Ortsabhängige Sturzerkennungsmethoden.....	45
5.3.1 Videobasierte Methoden	45
5.3.2 Soundbasierte Methoden	48
5.3.3 Intelligente Böden	48
5.4 Evaluierung von Sturzerkennungsmethoden.....	50
5.5 Anforderungen an Sturzerkennungssysteme	51

6 Zusammenfassung der Erkenntnisse	54
B Empirischer Teil	56
1 Material und Methoden	56
1.1 Probandenkollektiv	59
1.2 Allgemeiner Versuchsaufbau und Ablauf	59
1.2.1 Sturzparcours	61
1.3 Datenaufnahme	63
1.4 Datenverarbeitung	66
1.5 Ergebnisse	67
1.5.1 Definition von Sensitivität (Recall), Spezifität und Precision	68
1.5.2 Ergebnisse der on-line Auswertung.....	68
1.5.3 Ergebnisse der off-line Auswertung	72
1.5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse	75
1.6 Einzelfallbeschreibungen.....	76
1.6.1 Fallbeispiel eins	77
1.6.2 Fallbeispiel zwei.....	78
1.6.3 Fallbeispiel drei.....	78
1.6.4 Fallbeispiel vier	79
1.6.5 Fallbeispiel fünf	80
1.7 Diskussion und Ausblick.....	81
Abbildungsverzeichnis:	84
Tabellenverzeichnis.....	86
Literaturverzeichnis	87

Kurzfassung: Sturzerkennungssysteme zählen zu der stark wachsenden Sparte der sogenannten „Altersgerechten Assistenzsysteme“ und rücken in Zeiten des demographischen Wandels immer mehr in den Mittelpunkt. Unterschiedlichste Methoden werden zur Detektion angewandt und werfen die Frage nach den Einsatzgebieten auf. Jedes System hat bestimmte Vor- beziehungsweise Nachteile und sollte auf die Bedürfnisse der Zielperson abgestimmt sein. Dies könnte durch eine Kombination mehrerer Systeme ermöglicht werden und so die Anwenderakzeptanz erhöhen. Ein von der Firma Spantec GmbH in Kooperation mit der Universität Wien entwickelter Falldetektor wurde auf die Grenzen seines Anwendbarkeitsspektrums hin untersucht. Bei der Evaluierung des Sturzalgorithmus wurden die Stärken und Schwächen eines um die Hüfte getragenen Sturzdetektors erhoben. Die mit einem Beschleunigungssensor und einem Gyroskop ausgestattete Einheit zeigte bei 20 jungen gesunden Testpersonen (14 männliche und 6 weibliche) eine sehr gute Erkennungsrate (nahe 100%), wenn die Oberkörper Endposition horizontal war. Die Detektion von Stürzen die im Sitzen endeten, wurden aber nur zufällig (ca. 20 %) erkannt. Eine weitere Adaptation der Schwellwerte würde die Fehlalarmrate erhöhen und somit die Anwenderakzeptanz beeinträchtigen. Das Fazit der wissenschaftlichen Arbeit ist, dass der Einsatz einer einzelnen Sturzerkennungsmethode nur dann von Erfolg gekrönt sein wird, wenn eine Abstimmung der Erkennungsmethode aufgrund einer gezielten Indikation gestellt wurde.

Abstract: fall detection systems belong the strong growing part of the so-called „ambient assisted living systems“ and become focus of attention due to the changing demographic population. Most different methods used, request the appropriate application. Every system has its advantages and disadvantages and has to be applied and/ or adjusted to the applicant requirements. A combination of several systems should achieve the best result. Spantec GmbH in cooperation with the University of Vienna has developed a fall detector (waist worn system) which was evaluated to find the limits of the system. The waist worn fall detector consists of a 3 axis accelerometer and a 3 axis gyroscope and the performance was tested on 20 young volunteers (14 male and 6 female) with a detection rate of nearly 100% in case the fall end in a horizontal position (laying position). In case the fall end in an upright position (vertical position of the upper body) the detection rate decreases to 20% only which is a significant loss of performance. The adjustment of the threshold to other limits would only increase the false negative rate and the acceptance of the user would decrease. The conclusion of this theme is, that the usage of a single detection method is only satisfactory when a prior well directed indication is defined.

Zielsetzung

Das Alter und die Veränderungen der gesellschaftlichen Strukturen sind wegweisend für Neuerungen im Bereich der automatisch technischen Unterstützung älterer alleinlebender Menschen. Der immer größer werdende Anteil Hochaltriger stellt auf der einen Seite eine große Herausforderung dar, auf der anderen Seite ergeben sich aber auch neue Marktchancen, vor allem in Bezug auf ein möglichst langes Verbleiben im häuslichen Umfeld. Technische Assistenzsysteme für ältere Personen verzeichnen in den letzten Jahren einen starken Zuwachs. Unzählige Forschungseinrichtungen und Firmen sind mit der Entwicklung von sogenannten „Altersgerechten Assistenzsysteme“ beschäftigt. Dies wirft für die Anwendung der unterschiedlichsten Methoden einige Fragen auf, die Gegenstand der wissenschaftlichen Arbeit sind:

- Welche Methoden werden zur Sturzerkennung eingesetzt oder können in naher Zukunft zum Einsatz kommen?
- Welche Vor- beziehungsweise Nachteile ergeben sich aufgrund der Erkennungsmethodik?
- Welche Rolle spielt die Anwenderakzeptanz?

Im hermeneutischen Teil der Arbeit wird diesen zentralen Fragenstellungen ausführlich nachgegangen. Der empirische Abschnitt wird sich speziell mit dem Sturzerkennungsdetektor der Firma Spantec GmbH auseinandersetzen, der mit einem Beschleunigungssensor und einem Gyroskop ausgestattet ist und um die Hüfte getragen wird. Die Sensorik, die in Kooperation mit der Universität Wien, an der Abteilung für Biomechanik/ Bewegungswissenschaft und Sportinformatik entwickelt und evaluiert wurde, wird im empirischen Abschnitt mit den eigenen Untersuchungsergebnissen präsentiert. Der Detektor der bereits am Markt erhältlich ist, soll als exemplarisches Beispiel genutzt werden. Anhand der ortsabhängigen Sturzerkennungsmethode soll der Hauptfragestellung, nämlich nach den Stärken sowie den Schwächen und damit dem Anwendungsbereich nachgegangen werden.

Spezielle Fragestellungen im Zusammenhang mit der Sensorik der Firma Spantec GmbH:

- Wie wirkt sich die Implementierung eines Gyroskops auf die Sensitivität und die Spezifität aus?
- Welche Probleme ergeben sich aufgrund der ortsunabhängigen Erkennungsmethode am Beispiel des Sensors der Firma Spantec GmbH?

A Hermeneutischer Teil

Im hermeneutischen Abschnitt wird die Grundlage zur Beantwortung der zentralen Fragenstellungen geschaffen. Am Ende dieses Teils sollen gängige Sturzerkennungssysteme und ihre Grenzen hinsichtlich der dahinter stehenden Methodik, der unterschiedlichen Sturzmechanismen und der Anwenderakzeptanz ausführlich erklärt worden sein und zu mehr Verständnis in diesem Kontext führen. Dies bildet die Basis für den empirischen Abschnitt der wissenschaftlichen Arbeit.

1 Einleitung

Ich habe das Thema, welches an der Abteilung für Biomechanik ausgeschrieben war, aufgegriffen, weil es zum Einen ein hochaktuelles und zum Anderen ein ständiger Begleiter in meiner alltäglichen Beschäftigung als Diplomierter Gesundheits- und Krankenpfleger war.

1.1 Motivation

Bei der Arbeit in Pflegeeinrichtungen ist das Personal nahezu täglich mit Stürzen und deren Auswirkungen konfrontiert. Diese jahrelange Erfahrung im Umgang mit stürzenden Personen soll genutzt werden, um einen umfassenden Einblick in diese hochkomplexe und zugleich hochbrisante Thematik zu geben. Der Sturz wird aus mehreren Perspektiven beleuchtet, um Positives und Negatives von Sturzerkennungsmethoden beziehungsweise –systemen, welche sich bereits am Markt befinden oder entwickelt werden, herauszuarbeiten.

Während meiner Berufslaufbahn in der Geriatrie habe ich so manchen Fall erlebt, wo gehäufte Fehllarme durch unzureichend ausgereifte Geräte mehr Schaden anrichten können als sie nutzen. Dies führt bei den Benutzern oft zu einer sehr ablehnenden Haltung gegenüber Neuerungen. Daher ist die Anwenderakzeptanz ein wesentlicher Schlüssel zum Erfolg, das heißt, dass ein noch so vielversprechendes Sturzerkennungssystem schlussendlich auch von den Benutzern angenommen werden muss. Im Fall einer Betreuung durch medizinisches Hilfspersonal wird es dann noch schwieriger, da nicht nur die Sturzgefährdeten diese Hilfsmittel akzeptieren müssen sondern auch die Gruppe des Pflegepersonals Neuerungen positiv gegenüberstehen

muss. Dies erscheint nur dann möglich, wenn auch die Berufsgruppe der medizinischen Assistenzberufe in den Entwicklungsprozess mit eingebunden wird.

Zahlreiche Projekte beschäftigten sich in den letzten Jahren mit der Entwicklung von Systemen, die Stürze automatisch detektieren und einen Notruf weiterleiten. Neuere Systeme können sogar verletzungsprophylaktische Maßnahmen nach der Detektion, wie zum Beispiel einen Airbag im Hüftbereich auslösen. Sturzerkennungssysteme werden zu den sogenannten „Ambient Assisted Living“ oder zu Deutsch „Altersgerechte Assistenzsysteme“ gezählt. Die Zielsetzung derartiger Systeme ist ein möglichst langes unabhängiges Leben in den eigenen vier Wänden zu erreichen. Die automatische Sturzerkennung ist ein spannendes und ergiebiges Forschungsgebiet, indem noch genügend Entwicklungspotential steckt. Die derzeit auf dem Markt befindlichen Gerätschaften sind in den meisten Fällen bei weitem nicht ausgereift um von den Anwendern schlussendlich auch entsprechend gewürdigt zu werden. Diese Arbeit soll auch einen kleinen Beitrag in Richtung Nutzerfreundlichkeit derartiger Systeme leisten und die Vor- und Nachteile von mobilen tragbaren Erkennungsmethoden beleuchten. Bleibt nur zu hoffen, dass das Potential welches ihnen zugeschrieben wird in naher Zukunft auch ausgeschöpft werden kann.

Zu Beginn möchte ich mich recht herzlich für die Betreuung meiner Diplomarbeit und die Begleitung durch meine Studienzeit an der Abteilung für Biomechanik/ Bewegungswissenschaft und Sportinformatik bei Herrn Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. Arnold Baca bedanken.

Mein weiterer Dank gilt den Mitarbeitern der oben genannten Abteilung am Zentrum für Sportwissenschaften der Universität Wien, die immer unterstützend zur Seite standen und für meine Testungen eifrig „stürzten“.

Zu guter Letzt müssen noch zwei fleißige Begleiter erwähnt werden. Zum einen Martina Hollensteiner, die immer wieder ihre spärliche Freizeit opferte um hilfreich Hand anzulegen und Georg Ogris, der für die technische und motivationale Unterstützung unentbehrlich war.

Und natürlich danke ich auch allen Probandinnen und Probanden die nach unzähligen Stürzen auch Tage danach noch von den Folgen der Stürze zu berichteten wussten.

1.2 Problemstellung

Stürze stellen derzeit ein sehr ernst zu nehmendes Problem dar. Aufgrund des demographischen Wandels ist mit einem weiteren Anstieg der Sturzhäufigkeit und der daraus resultierenden Folgen in naher Zukunft zu rechnen.

Kunze (2006, S. 1) gibt zu bedenken, dass dem Gesundheitswesen und insbesondere der Altenpflege in den entwickelten Industriestaaten zukünftig eine der größten wirtschaftlichen Herausforderungen bevorstehen. Er führt aber weiters die rasante Entwicklung im Bereich der Informationstechnologien an.

Mit zunehmendem Alter steigt die Wahrscheinlichkeit, einen Sturz zu erleiden an, wobei Frauen von dieser Entwicklung stärker betroffen sind als Männer. Laut Statistik Austria (2009, S. 50f) verschiebt sich die Altersstruktur deutlich hin zu den älteren Menschen (siehe Abbildung 1). Derzeit sind 22% der Bevölkerung 60 Jahre und älter, mittelfristig (2020) werden es 26% und langfristig sogar mehr als 30% sein. Die stärksten Veränderungen werden in der Gruppe der über 75-Jährigen zu verzeichnen sein. In absoluten Zahlen bedeutet das einen Anstieg von derzeit circa 662.000 auf über eine Million. Die Prognose für 2050 sieht circa 1,6 Millionen Personen in dieser Altersgruppe voraus. Bezogen auf die Gesamtbevölkerung bedeutet dies einen anteilmäßigen Zuwachs von 8 auf 17 Prozent und somit mehr als eine Verdoppelung. Dem demographischen Jahrbuch ist zu entnehmen, dass diese Veränderung das Gesundheitssystem vor eine große Herausforderung stellen wird.

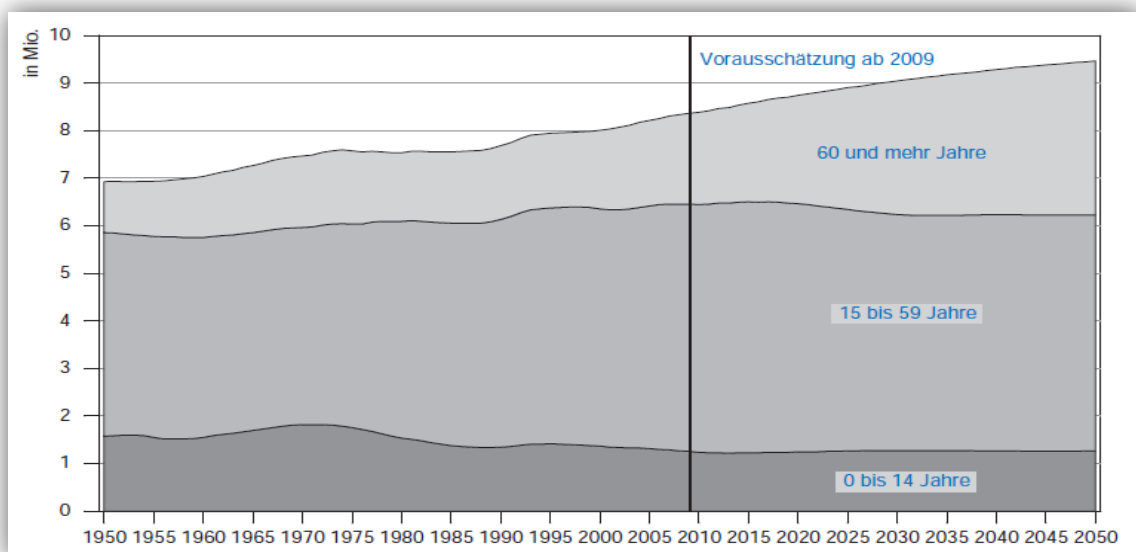


Abbildung 1: Bevölkerung nach breiten Altersgruppen 1950-2050 (Statistik Austria, 2009, S. 50).

Das Erwerbspotential wird laut Statistik Austria (2009, S.15) ab 2015 abnehmen, ebenso ist nachzulesen, dass in den letzten Jahren noch jeder 5. Österreicher über 60 Jahre alt war, es bis 2020 bereits jeder 4. und langfristig jeder 3. Bewohner unseres Landes über 60 Jahre alt sein wird.

Die Zahl der Angehörigen, die eine Pflege- oder Betreuungsleistung erbringen werden, wird ebenfalls in den nächsten Jahren sinken (Klimont et al., 2007, S.22.).

Hier könnten technisch innovative Produkte, wie zum Beispiel Sturzerkennungssysteme,

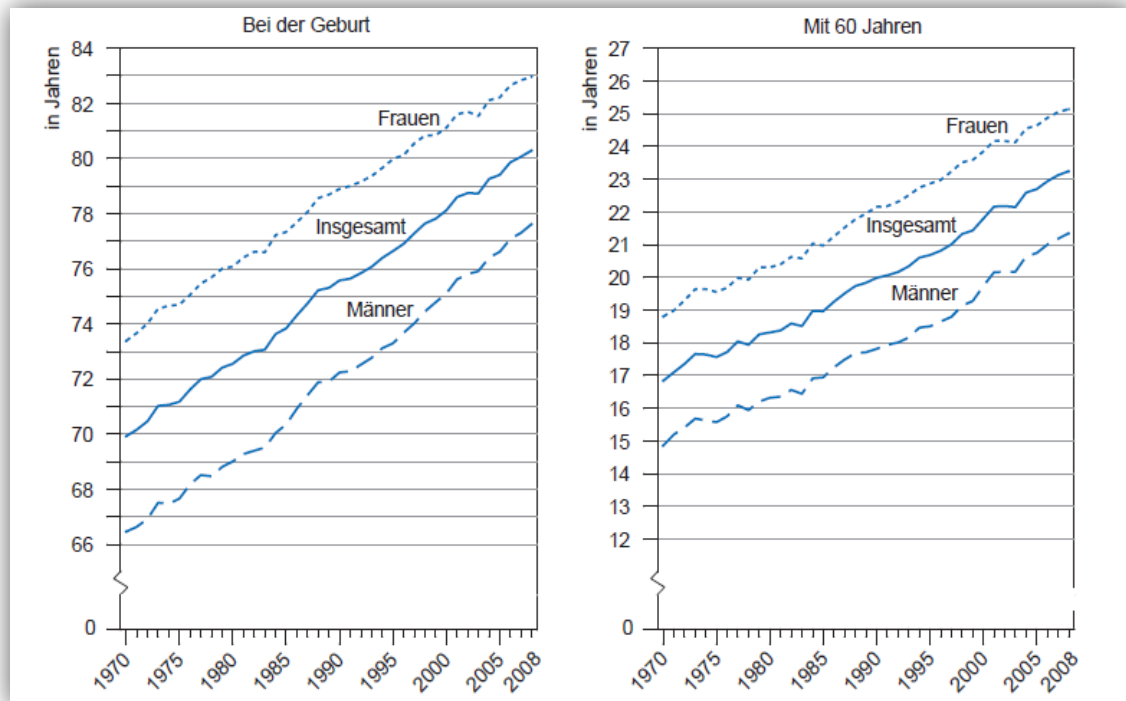


Abbildung 2: Steigende Lebenserwartung bei der Geburt und ferner im Alter von 60 Jahren von 1970 bis 2008 (Statistik Austria, 2009, S.32)

einen wesentlichen Beitrag leisten, die zur Entlastung der Erwerbstätigen führen und den älteren Personen eine unabhängige und selbstbestimmte Lebensführung ermöglichen. Zur Verdeutlichung sei hier noch die steigende Lebenserwartung in Abbildung 2 dargestellt.

Das Alter sollte aber nicht als Bedrohung gesehen werden, sondern bietet auch Chancen. Nicht alle älteren Personen sind als krank einzustufen. Aus dem Bericht der österreichischen Gesundheitsbefragung ist zu entnehmen, dass die Zahl der in guter Gesundheit verbrachter Lebensjahre stärker stieg als die Lebenserwartung (Zeitraum der Betrachtung 1991-2006) (Klimont et al., 2007, S.14f.). Als Aufgaben in der Geriatrie sieht Hilmer (2009, S.4), aufgrund der Knappheit an Ressourcen, dass die ambulante

Betreuung älterer Personen in Zukunft zunehmen muss. Ziel sollte es sein, die Patienten möglichst lange in der eigenen Wohnumgebung zu halten.

Diese Forderung nach mehr ambulanter Betreuung beunruhigt aber ältere betroffene Personen, sowie deren Angehörige, weil sie sich zuhause nicht so sicher fühlen wie in einer institutionalisierten Einrichtung. Hier können technisch innovative Produkte, wie zum Beispiel Sturzerkennungssysteme, zum Einsatz kommen um die nötige Sicherheit zu bieten. Wobei auf der einen Seite eine hohe Zuverlässigkeit in Punkto Funktion vom Produkt selbst gegeben sein muss, als auch auf der anderen Seite die Handhabbarkeit und die möglichst unauffällige Integration in den Alltag bewerkstelligt werden muss (Keck, 2010, S. 13ff).

Die zunehmende Bedeutung zeigt sich auch durch eine Vielzahl an Forschungsverbänden, die sich in den letzten Jahren mit der Gestaltung altersgerechter Lebenswelten auseinandersetzen. In Tabelle 1 sind einige Vertreter sowie Vortragsveranstaltungen im deutschsprachigen Raum zu dieser Thematik angeführt.

Name	Zielsetzung
Gal Niedersächsischer Forschungsverbund Gestaltung altersgerechter Lebenswelten	Erhalt von Lebensqualität im Alter, mit der Unterstützung der Informations- und Kommunikationstechnik
Deutscher AAL-Kongress	Wissensaustausch seit 2008
iHomeLab Schweiz	intelligentes Wohnen
GIT (Gesellschaft für Informations- und Kommunikationstechnik) /OVE (Österreichischer Verband für Elektrotechnik)	Arbeitsgruppe zur Vernetzung aller Beteiligten zur Entwicklung von AAL-Anwendungen (Technik, Medizin, Pflege, Endverbraucher
Forschungsinstitut CEIT RALTEC, „AAL Living Lab Schwechat“	Der Endbenutzer im Mittelpunkt, technische Innovationen werden mit den Endbenutzern entwickelt und evaluiert

Tabelle 1: Übersicht zu Aktivitäten rund um das Thema altersgerechte Lebenswelten

Diese sicherlich nicht vollständige Aufzählung zeigt wie wichtig dieses Thema und wie groß der Forschungsbedarf ist.

1.3 Gliederung der Arbeit

Das Ziel der hier vorliegenden Arbeit soll es sein, die derzeitigen Möglichkeiten der Sturzerkennung aufzuzeigen und einem Vergleich zu unterziehen. Das heißt, dass die unterschiedlichsten Methoden angeführt und die Vor- sowie die Nachteile der einzelnen Erkennungsmöglichkeiten im hermeneutischen Teil der Arbeit herausgearbeitet und beschrieben werden. Da im Rahmen einer Kooperation der Abteilung für Biomechanik/ Bewegungswissenschaft und Sportinformatik und der Firma Spantec GmbH ein um die Hüfte getragener Falldetektor evaluiert wurde, lag es nahe den Fokus auf die ortsunabhängigen Erkennungsmethoden zu richten und die Stärken und Schwächen dieser Vertretergruppe mittels einer praxisnahen Untersuchung zu unterstreichen. Im Rahmen der Magisterarbeit wäre es ohnedies nicht möglich gewesen allen Vertretern von Erkennungsmethoden ein ausführliches Augenmerk zu schenken. Im empirischen Abschnitt werden die Untersuchungsergebnisse zur Sturzerkennungseinheit der Firma Spantec präsentiert werden, um daraus Schlussfolgerungen zu den Vor- und Nachteilen zu konkretisieren.

Im hermeneutischen Abschnitt werden die relevanten Grundlagen über den Sturz, die Anwenderakzeptanz, Ambient Assisted Living kurz AAL und die Sturzerkennungsmethoden angeführt.

Das zweite Kapitel wird dem Sturz, seinen Folgen, der Risikoeinschätzung und der Prävention gewidmet sein. Die Einschätzung von sturzgefährdeten Personen und somit die Auswahl von geeigneten Sturzerkennungsmethoden (-systemen) kommt eine wesentliche Bedeutung zu. Ebenfalls müssen alle präventiven Maßnahmen ausgeschöpft werden, auch wenn unterstützende Maßnahmen zum Einsatz kommen. Im Kapitel drei werden benötigte Informationen auf dem Gebiet des Ubiquitous Computing beziehungsweise Pervasiv Computing, Ambient Assisted Living (AAL) gegeben, um im weiteren (Kapitel 4) die Benutzerakzeptanz von telemedizinischen Anwendungen und ihrer speziellen Problematik zu verstehen. Die Benutzerakzeptanz ist als einer der wesentlichsten Faktoren anzusehen, denn ein Produkt kann noch so erfolgversprechend sein, ohne Zustimmung der Anwendergruppe ist ein Misserfolg vorprogrammiert. Im abschließenden fünften Kapitel werden die unterschiedlichsten

Sturzerkennungsmethoden und beispielhafte Systeme, welche derzeit schon Anwendung finden vorgestellt.

Den Abschluss des hermeneutischen Teils werden den Schwächen und den Stärken der unterschiedlichen Sturzerkennungsmethoden vorbehalten sein und ausführlich Diskussion finden. Insbesondere werden die mobilen oder ortsunabhängigen Detektionsmethoden genauer betrachtet.

Der zweite Abschnitt (empirischer Teil) wird der Untersuchung mit dem mobilen Sensorsystem der Firma Spantec gewidmet sein. Die zentrale Fragestellung, welche Sturzerkennungsmethoden welche Problematik mit sich bringt, soll am Ende der Arbeit für den speziellen Fall von mobilen Sturzerkennungsmethoden am Beispiel der mobilen Erkennungsunit der Firma Spantec Beantwortung finden. Es wurde der Einfluss von zwei unterschiedlichen Gehäusetypen, sowie zwei verschiedener Algorithmen untersucht. Weiters stehen die aufgezeichneten Daten von den Alltagsaktivitäten und den Stürzen, die auf Seite 60 in Tabelle 5 angeführt sind, für Evaluierungsmaßnahmen zu Verfügung. Das heißt die erhobenen Beschleunigungs- und Neigungswinkelwerte können für zukünftige Verbesserungen genutzt werden.

2 Der Sturz

Was ist aber nun ein Sturz, was ist darunter zu verstehen? Im Nachfolgenden werden einige Definitionen nachzulesen sein, um das Ereignis einzugrenzen.

Laut Pils (2007, S. 212) versteht man unter einem Sturz „ *einen unfreiwilligen und unkoordinierten Bodenkontakt. Er kann auch das Verlassen eines höheren Niveaus zugunsten eines niedrigeren bedeuten (z.B. Hinabgleiten von einem Sessel)*“.

Eine weitere Definition findet sich bei Tideiksaar (2000, S. 33). „ *Ein Sturz kann als jedes Ereignis definiert werden, bei dem ein Mensch versehentlich oder absichtlich zu Boden oder auf eine andere tiefer gelegene Ebene wie beispielsweise einem Stuhl, einer Toilette oder einem Bett fällt und liegen bleibt*“.

Das Deutsche Netzwerk für Qualitätsentwicklung in der Pflege definiert einen Sturz als „ein Ereignis, in dessen Folge eine Person unbeabsichtigt auf dem Boden oder auf einer tieferen Ebene zu liegen kommt“.

Wesentlich erscheint, dass sich nicht jeder Sturz verhindern lässt, wie schon Lindemann et al. (2006, S. 98) feststellten. Dies spricht einerseits für die automatische Detektion von

Stürzen, andererseits dürfen aber die Möglichkeiten der Sturzprävention nicht außer Acht gelassen werden, wenn Sturzerkennungsmaßnahmen zum Einsatz kommen. Deshalb soll in diesem Kapitel eine ausreichende Einführung zum Sturz erfolgen. Oft werden im Zusammenhang mit Sturzerkennungseinheiten nur die ökonomischen Folgen angeführt.

Für die Sturzerkennung ist es prinzipiell egal, welche Ursache dem Sturz zu Grunde liegt. Wesentlich ist, dass ein Sturzdetektor einen Fall zu Boden, der unerwartet und unkontrolliert stattfindet, als solchen erkennt und weitere Maßnahmen einleitet (Noury et al., 2008, S. 341).

2.1 Sturzfolgen

Laut Pelinka (2006) werden bei der AUVA jährlich 100000 Stürze bei Personen über 60 Jahren gemeldet.

In 1-2 Prozent aller Stürze kommt es zu einer proximalen Femurfraktur. Die Kosten für die Versorgung derartiger Hüftgelenksverletzungen belaufen sich in Österreich auf ca. €30000.- pro Patient (Österreichischer Osteoporosebericht 2007, S.103).

Im Jahresbericht der „Statistik Austria“ 2005 ist nachzulesen, dass 15652 derartiger Frakturen bei über 50-Jährigen gemeldet wurden.

Dies stellt aber nur die sozialökonomische Seite der Sturzfolgen dar. Welche zusätzlichen Aspekte die Folgen eines Sturzes haben, wird im Weiteren vorgestellt.

Die Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung (Gründler, 2006, S. 9) nennt vier Bereiche der Sturzauswirkungen:

- Körperliche Auswirkungen: hier ist an erster Stelle der Hüftbruch oder die Schenkelhalsfraktur angeführt, welche als die schwerwiegendste Sturzfolge gilt.
- Psychische Auswirkungen: hier wird die Angst vor weiteren Stürzen erwähnt, welche oft in Gangunsicherheit mündet. Wiederkehrende Sturzerlebnisse können zu einem eigenen Krankheitsbild, der Sturzanxiety (fear of falls) führen. Diese kann schlussendlich zu einer Reduktion der Bewegung und in weiterer Folge mit einem vollständigen Verlust der Mobilität enden.
- Ökonomische Auswirkungen
- Auswirkungen auf das Umfeld

Anhand der vier dargestellten Bereiche lassen sich die weitreichenden Folgen eines Sturzes gut abgrenzen und verdeutlichen das Auswirkungsspektrum eines derartigen Unfalls.

Bei Tideiksaar (2000, S. 15f) findet sich die in einem Abwärtstrend verlaufende Spirale der Sturzfolgen. Sie stellt sehr übersichtlich dar, dass es durch einen Sturz oft zu Bewegungseinschränkungen kommt, neuerliche Stürze auftreten und körperliche sowie psychische Traumen ihre Spuren hinterlassen. Der soziale Rückzug, welcher mit einer weiterer Bewegungsverarmung einhergeht, hat wiederkehrende Stürze zur Folge. Mit zunehmender Sturzhäufigkeit steigt die Verletzungsgefahr an und die Betroffenen sterben dann oft an den Komplikationen der Sturzverletzung. In Abbildung 3, ist die sogenannte „Sturzspirale“ graphisch dargestellt.

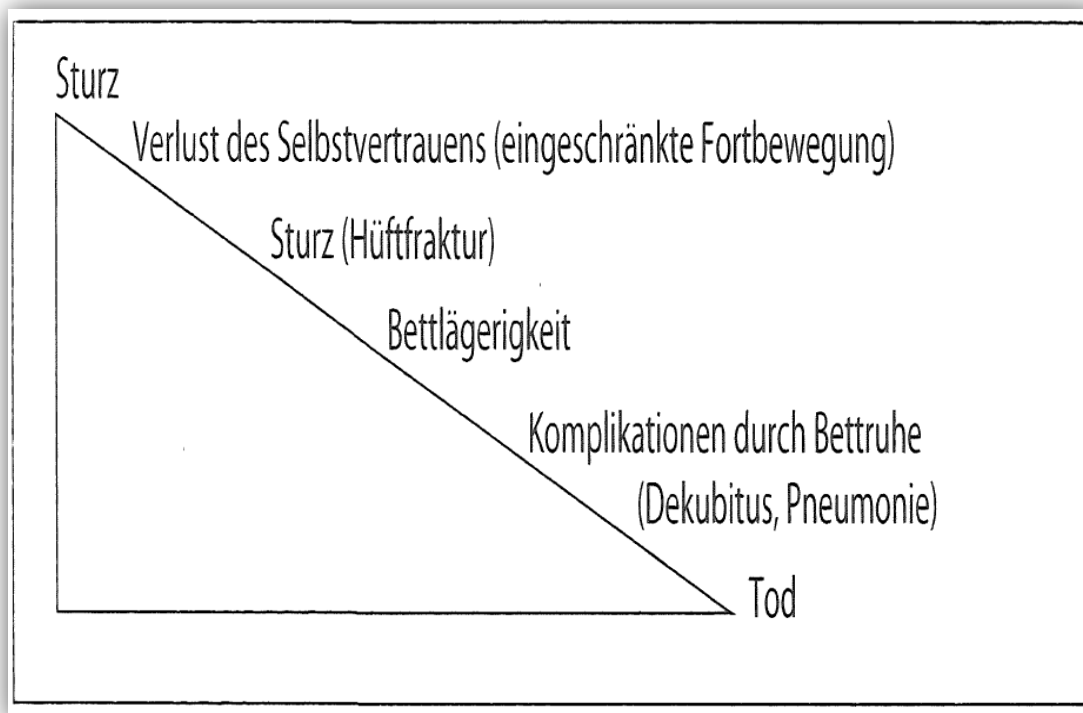


Abbildung 3: Die in einem Abwärtstrend verlaufende Spirale der Sturzfolgen (Tideiksaar, 2000, S. 16).

2.2 Sturzursache und Risikofaktoren

Stürzen liegen meist vielfältigste Ursachen zugrunde. In Abbildung 4 sind mögliche Ursachen und Faktoren, welche die Sturzfolgen beeinflussen, dargestellt.

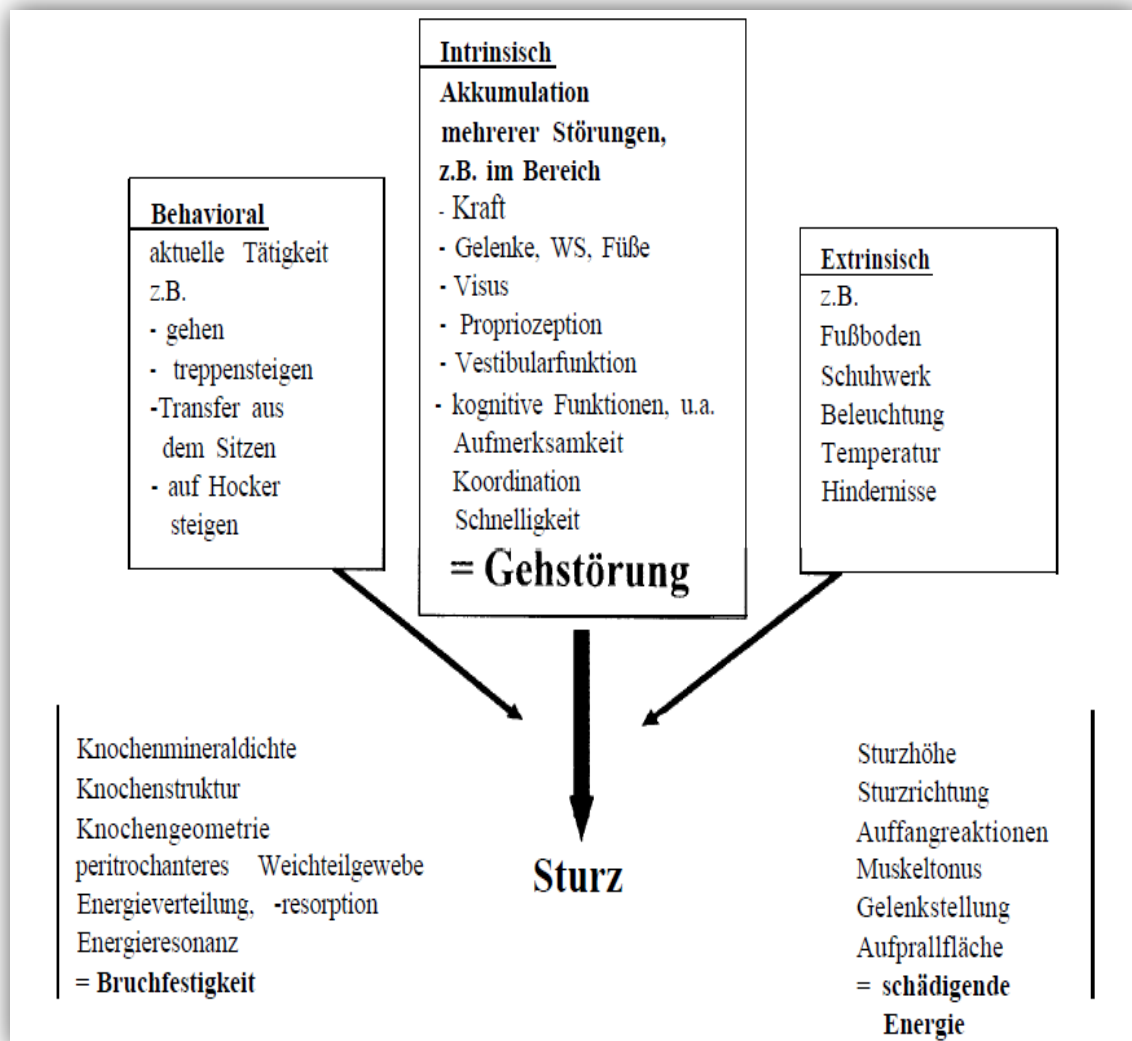


Abbildung 4: Sturzursachen und Faktoren welche die Sturzfolgen beeinflussen (Runge, 2002, S. 345)

Stürze sind also multifaktoriell bedingt. Dies schreibt auch Runge (2002, S. 344ff). Sie passieren bei üblichen Alltagsaktivitäten und meist ohne Bewusstseinsveränderungen und ohne „das äußere Faktoren wie Stolperfallen dominierende Ursache sind“. Die Folge sind schwerwiegende Veränderungen der Lebensqualität und der Selbständigkeit. Daher stellen Stürze im Alter im Prinzip keine Unfälle dar. Runge schlägt in diesem

Zusammenhang daher den Begriff der „altersassoziierten multifunktionellen Gehstörung“ vor. Bezugnehmend auf Abbildung 4 findet sich bei Runge die Einteilung von drei Sturztypen:

1. Synkopiale Stürze, welche als Folge einer Bewusstseinsstörung auftreten
2. Extrinsischer Sturz, eine Kraft von außen wirkt auf den Körper ein und bringt die betroffene Person zu Sturz. Dies passiert auch Menschen mit normaler Haltungskontrolle.
3. Intrinsischer lokomotorischer Sturz, das sind Stürze die bei Alltagsaktivitäten in gewohnter Umgebung passieren und auf Faktoren, welche in „der stürzenden Person“ selbst liegen, zurück zu führen sind.

In 80 Prozent der Fälle schreibt Runge weiter, fallen Stürze bei älteren Personen in die 3. Gruppe.

Die Stürze im Alter, unterscheiden sich zu den von jüngeren Personen durch folgende Merkmale:

- Ihre Häufigkeit
- Ihre charakteristische Verteilung auf die Bevölkerung entsprechend einer individuell erhöhten Sturzneigung
- Ihre seitliche Sturzrichtung mit einem Aufprall im Trochanterbereich und daraus folgend
- Eine hohe Rate an schwerwiegenden Sturzfolgen

Bei Tragl (2001, S. 15) ist nachzulesen, dass der Rückgang physiologischer Funktionen als disponierender Faktor für Stürze eine wesentliche Rolle spielt. Im Nachfolgenden sind diese dargestellt:

1. Rückgang sensorischer Leistungen (Sehvermögen, Gleichgewicht, Hörvermögen)
2. Rückgang neurologischer Funktionen (Nervenleitgeschwindigkeit, Reflexabläufe, Vibrationsempfindung, Propriozeption, Dopaminsekretion, Myelopathien)
3. Rückgang von Funktionen des Bewegungsapparates (Muskelquerschnitt, motorische Endplatten, Gelenkbeweglichkeit, Osteoporose)
4. Haltungsfehler, Balancestörungen, Gangunsicherheit

Durch die britische und amerikanische Gesellschaft für Geriatrie wurden die nachfolgend beschriebenen Risikofaktoren identifiziert. Die Erkennung von Risikofaktoren stellt einen wesentlichen Beitrag zur Sturzprävention dar und sollte gleichzeitig genutzt werden jene Gruppe an Personen mit erhöhtem Risiko über die Möglichkeit von Maßnahmen zur

Sturzerkennung zu informieren. Die nachfolgende Aufzählung ist nach dem relativen Risiko (bzw. Odds- Ratio) gereiht, das in Klammer abzulesen ist.

- Muskuläre Schwäche (4,4)
- Stürze in der Anamnese (3,0)
- Gangstörung (2,9)
- Gleichgewichtsstörung (2,9)
- Benützen von Gehhilfen (2,6)
- Sehstörung (2,5)
- Arthrose (2,4)
- ADL- Defizite (2,3)
- Depression (2,2)
- Kognitive Einschränkung (1,8)
- Alter >80 Jahre (1,7)

Anhand der Risikofaktoren ist zu erkennen, dass präventive Maßnahmen einen hohen Stellenwert in der Sturzvermeidung haben.

2.3 Sturzprävention

Der Sturzprävention, also dem Vorbeugen, kommt die allergrößte Bedeutung zu. Präventionsmaßnahmen müssen immer auf den zuvor erhobenen Sturzursachen und auf der Grundlage der Risikofaktoren ausgerichtet sein (Tideiksaar, 2000, S. 81).

Mögliche Interventionsmaßnahmen finden sich bei Tideiksaar (2000, S. 81-107). Als Erstes führt er an:

- Die medizinischen Interventionen, die durch ein geriatrisches Assessmentverfahren zu erheben sind. Das Hauptaugenmerk muss die Medikation und deren Nutzen-Risiko-Abwägung sein.
- Die rehabilitativen Interventionen, die vor allem bei älteren Personen mit neuromuskulären Störungen einzusetzen sind. Bewegungstherapie mit kräftigenden- und koordinativen Übungen, Gehtraining in gewohnter und ungewohnter Umgebung und Übungen mit Hilfsmitteln zur Fortbewegung.
- Anpassungen an die Umgebung, hier sollten vor allem die Beleuchtung, die Fußböden, die Möbel und die Sanitärräume an die Gegebenheiten adaptiert werden.

- Sturzpräventionsprogramme die in einem multidisziplinären Ausschuss einer Institution erarbeitet werden.

Das Beispiel eines erfolgreichen Sturzinterventionsprogramms aus Deutschland soll hier im Folgenden eine kurze Darstellung finden.

Das Ulmer Modellvorhaben ist als eines der erfolgreichsten Interventionsstudien in Deutschland präsentiert worden und fand auch schon Wiederholung in Nordschweden, wo ganz ähnliche Ergebnisse erzielt wurden (Becker, 2001, S. 2).

Das Modellvorhaben hatte die Reduktion von Frakturen, die Senkung der Anzahl von Stürzen, sowie die Mobilitätsverbesserung von Pflegeheimbewohnern als Hauptzielsetzungen (Becker, 1998, S. 12).

Das Interventionspaket bestand aus einer Schulung der Mitarbeiter, richtigem Einsatz von Hilfsmitteln (z.B. Rollator), Umgebungsgestaltungsberatung, Hüftprotektoren und einem Trainingsprogramm. Die Trainingseinheiten enthielten Kraft-, Ausdauer- und Balanceelemente. Die Trainingsgruppen, welche aus 6-8 Personen bestanden, trafen sich in den ersten vier Monaten 2 bis 3 Mal wöchentlich für die Dauer von 60 Minuten. Nach diesem Programm bestand die Möglichkeit, mindestens ein Mal pro Woche weiter zu trainieren. (Becker, 1998, S. 14).

Die Studie dauerte drei Jahre und die Reduktion der Sturzhäufigkeit war im letzten Viertel am deutlichsten ausgeprägt. Das heißt, je länger die multidisziplinären Sturzpräventionsmaßnahmen andauerten desto mehr Stürze konnten im Vergleich zur Kontrollgruppe verhindert werden. Ein weiteres interessantes Detail war, dass multiple Stürzer, das heißt Personen welche mehrere Stürze in kurzer Zeit erlitten am meisten von einem Interventionsprogramm profitierten (Becker, 2001, S. 7-14).

Wie könnte abgeschätzt werden welche Personen erstrangig mit einem Sturzetektor versorgt werden sollten? Laut Ulmer Modell lassen sich drei Gruppen definieren, um das Sturzrisiko einzuschätzen.

Gruppe 1: Niedriges Sturzrisiko durch Immobilität (Becker, 2001, S. 13)

Hiermit sind Personen gemeint, die ohne Hilfe einer zweiten Person nicht im Stande sind zu stehen. Ihr Anteil wird mit etwa 25 Prozent angegeben. Nur 12 Prozent der Stürze ereignen sich in dieser Gruppe. Diese Stürze sind meist nicht sehr folgenreich und werden auch als organisatorische Stürze bezeichnet, da die Personen z.B. aus ungebremsen Rollstühlen fallen, aus dem Bett rollen und so weiter. In dieser Gruppe ist eine weitere Sturzabklärung nicht von Belang.

Gruppe 2: Hohes Risiko, vorausgegangener Sturz (Becker, 2001, S. 14)

In dieser Gruppe, die vom Pflegepersonal als offensichtlich gefährdet eingeschätzt wird, sollte ohne Verzögerung mit den Maßnahmen begonnen werden. Diese Gruppe macht ein weiteres Viertel aus für die ein Sturzrisikoassessment nötig ist.

Gruppe 3: Unklares Risiko (Becker, 2001, S. 15)

Diese Personen werden als gang sicher, beziehungsweise relativ gang sicher eingeschätzt. In dieser Gruppe passieren mehr als 50 Prozent aller Stürze und Sturzverletzungen. Hier ist ein Sturzassessment von größter Bedeutung um die veränderbaren Sturzrisikofaktoren zu identifizieren.

Ein weiterer Aspekt bei der Auswahl von Personen, die mittels Sturzsensoren ausgestattet werden sollte, ist ebenfalls im Bericht des Ulmer Modellvorhabens zu finden. Hier hat sich bei multivariater Betrachtung eine 90-prozentige Sturzwahrscheinlichkeit errechnen lassen, wenn folgende drei Faktoren gemeinsam auftreten (Becker, 2001, S. 16):

- Häufige Inkontinenz
- Eingeschränkte Sehfähigkeit
- Einschränkungen im Kurzzeitgedächtnis

Nach dem erfolgreichen Abschluss dieser multiplen sturzprophylaktischen Maßnahmen wurde in einem weiteren dreijährigen Modellvorhaben, dies auch auf zu Hause lebende Personen mit Erfolg umgelegt.

Wissenschaftlich evaluierte Trainingsprogramme werden erfolgreich in der Sturzprävention eingesetzt (vgl. Lindemann et al., 2006, S.98, Kressig, 2004, S. 15). Diese Maßnahmen haben sich auch als alleinige Interventionsstrategie zur Sturzreduktion bewährt. Eine wesentliche Tatsache ist aber, dass nicht alle Stürze verhinderbar sind und es in diesen Fällen auf eine rasche Hilfeleistung ankommt um Spätfolgen einzudämmen. Dies kann durch den Einsatz von sogenannten Sturzerkennungssystemen möglich gemacht werden und die Einweisung in ein Pflegeheim verzögern oder möglicherweise verhindern. Diese Systeme müssen eine möglichst hohe Sicherheit in Punkto Erkennungsrate aufweisen um von den Anwendern und den Hilfeleistern akzeptiert zu werden. Der Akzeptanz von Erkennungssystemen wird ein weiterer Teil dieser Arbeit sein, und ist im Kapitel 5 nachzulesen.

Einen nicht unwesentlichen Aspekt beschrieben Freiburger und Becker (2006, S. 93), nämlich, dass ein selbstbestimmtes und unabhängiges Leben im Mittelpunkt älterer

Menschen steht. Sturzerkennungssysteme können auch hier einen wesentlichen Beitrag leisten und zur Verzögerung einer nötigen Institutionalisierung beitragen.

Zum Abschluss des zweiten Kapitels bleibt festzustellen, dass nicht alle Stürze verhindert werden können, und Sturzerkennungssysteme zur Eindämmung von Spätfolgen durch eine rasche Hilfeleistung einen nutzbringenden Effekt haben.

Tragl (2001, S. 11) gibt in diesem Zusammenhang zu bedenken, dass eine frühzeitige Entdeckung von gestürzten Personen eine bessere Prognose hinsichtlich schwerer Verletzungen bedeutet. Die Verletzungen meint er, sind nicht nur physischer- sondern auch psychischer Natur. Es wird auch festgestellt, dass bei zu Hause lebenden Personen die Entdeckung des Unfalls länger dauert, als dies bei institutionell untergebrachten Menschen der Fall ist. Aufgrund der längeren Liegedauer treten dann wesentlich schwerwiegendere Folgeschäden auf.

Es müssen aber auch alle anderen Maßnahmen und Möglichkeiten der Risikoeinschätzung ausgeschöpft werden, um Erkennungsmaßnahmen gezielt einsetzen zu können. Die Ausstattung mit einem Detektor allein ohne Begleitmaßnahmen kann nicht als zielführend erachtet werden.

Stürze mit Todesfolge sind vor allem bei allein lebenden älteren Personen häufig anzutreffen. Daher wird aus Sicherheitsgründen von Angehörigen oftmals die „rechtzeitige“ Einweisung in eine Pflegeeinrichtung verlangt. Nahezu die Hälfte der zuhause Gestürzten verstirbt innerhalb von sechs Monaten nach einem Sturz. In Alten- und Pflegeheimen sind die Sturzfolgen weniger schwerwiegend als bei zu Hause lebenden Personen, dafür ist die Inzidenz dreimal so hoch (Tragl, 2001, S.9f).

3 Einordnung von Ambient Assisted Living (AAL)

Kapitel drei wird sich in aller Kürze mit der Einordnung von Ambient Assisted Living auseinandersetzen, da Sturzerkennungssysteme den Bereich Sicherheit bei AAL-Anwendungen darstellen.

Zu Beginn werden die in der Literatur häufig anzutreffenden Begrifflichkeiten rund um Ambient Assisted Living (AAL) erläutert. Ambient Intelligence, Pervasiv Computing beziehungsweise Ubiquitous Computing finden sich oft als Oberbegriffe im Zusammenhang mit AAL. Eine nähere Differenzierung wird sich in dieser Arbeit nicht finden, im Prinzip werden die Begriffe synonym behandelt werden.

3.1 Ambient Intelligence

Unter dem Begriff „Ambient“ versteht man *„die weitreichende Einbindung von verteilten und vernetzten Technologien in Alltagsgegenstände und Umgebungen, die so integriert werden, dass sie weder aufdringlich sind, noch wahrgenommen werden“* (Berndt et al., 2010, S.24).

Der Teilbegriff „Intelligence“ *„spiegelt wider, dass die technische Umgebung spezielle intelligente Mechanismen und Strategien besitzt, um Interaktionen mit dem Menschen zu unterstützen und intelligentes Eigenverhalten daraus abzuleiten.“*

3.2 Ubiquitous Computing/ Pervasive Computing

Kunze (2006, S. 9) beschreibt Ubiquitous Computing mit jenen Gedanken, welche Mark Weiser Anfang der 90er Jahre formulierte, wie folgt: *„Ubiquitous Computing liegt die Idee zugrunde, daß die bedeutsamsten Technologien diejenigen sind, welche uns selbstverständlich sind, daß wir sie völlig unbewusst nutzen können. Ubiquitous Computing bezeichnet somit einen Paradigmenwechsel in der Informatik hin zu unbewusst nutzbaren Informationsgeräten. Das heißt, daß sich Ubiquitäre Informationsgeräte den Bedürfnissen der Nutzer anpassen“.*

Pervasive Computing wird oft äquivalent zum Ausdruck des von Mark Weiser kreierten Ubiquitous Computing verwendet. Mattern F. (2007, S. 33) beschreibt die beiden Begriffe als *„die Allgegenwärtigkeit von Informationsverarbeitung und damit einhergehend der jederzeitige Zugriff auf Daten von beliebiger Stelle“.*

Zum Abschluss sei hier noch eine zusammenfassende Beschreibung der drei Begriffe von Langheinrich et al. (2003, S. 3) dargestellt.

Mit einer stärker pragmatischen Akzentuierung hat die Industrie dafür inzwischen den Begriff „Pervasive Computing“ geprägt: Auch hier geht es um die überall eindringende und allgegenwärtige Informationsverarbeitung, allerdings mit dem primären Ziel, diese durch die Verwendung vorhandener Mobile-Computing-Technologien schon kurzfristig nutzbar zu machen. Als Reaktion auf die US-amerikanisch geprägte Szene um diese beiden Begriffe ist in Europa der Terminus „Ambient Intelligence“ entstanden, der zusätzlich auch Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion und der künstlichen Intelligenz umfasst. In vielerlei Hinsicht bleibt allerdings die Unterscheidung zwischen den drei Begriffen eher akademisch. Gemeinsam ist allen das Ziel einer nachhaltigen Unterstützung des Menschen, sowie einer durchgängigen Optimierung wirtschaftlicher Prozesse durch eine Vielzahl von in die Umgebung eingebrachter Mikroprozessoren und Sensoren.

In einem Modell bei Kunze wird eine Zuordnungsmöglichkeit gezeigt, in der der Oberbegriff des Ubiquitären Computings steht. Sturzerkennungssysteme fallen in diesen Bereich wobei es hier einen Schnittpunkt mit den telemedizinischen Anwendungen, nämlich dem UbiHealth gibt. Den Bereich der telemedizinischen Anwendungen stellen Systeme dar, die unter dem Begriff „Ambient Assisted Living“ oder zu deutsch „Altersgerechte Assistenzsysteme“ zusammengefasst werden und zur Erhaltung der Selbständigkeit von älteren Personen zum Einsatz kommen oder in Zukunft kommen sollen. In Abbildung 5 auf der nächsten Seite ist die Konzeption von Kunze übersichtlich dargestellt.

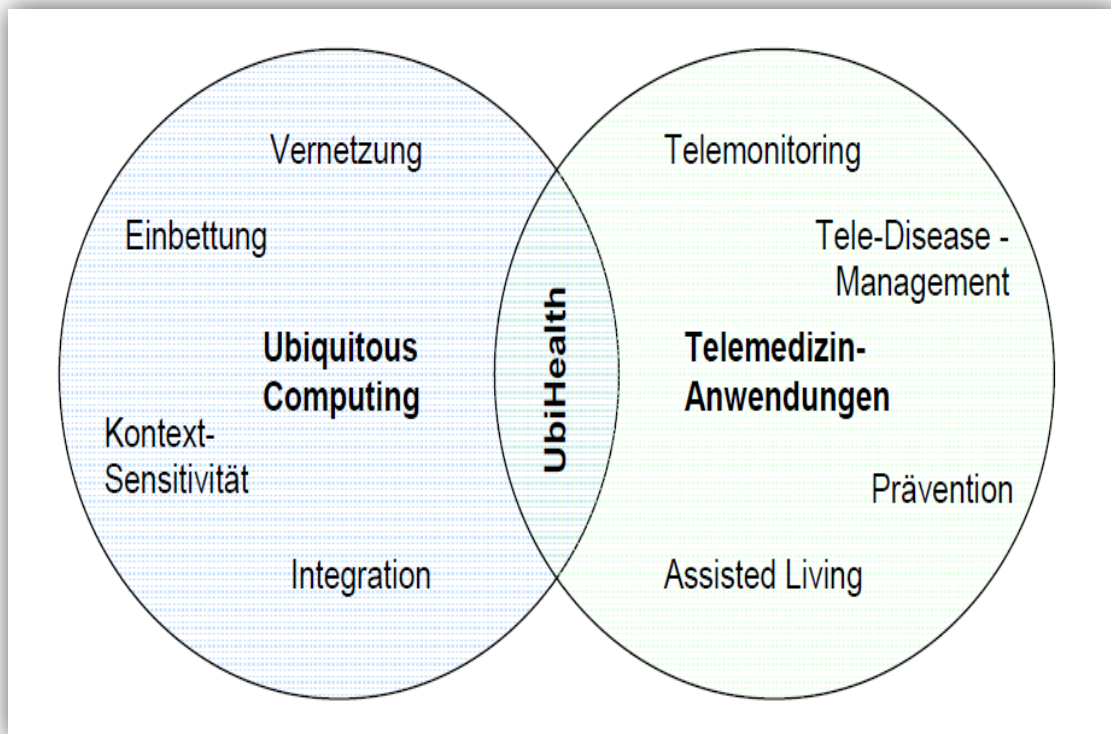


Abbildung 5: Bereiche Ubiquitous Computing (Kunze, 2006, S.70)

3.3 Ambient Assisted Living

Spehr et al. (2009, S. 925) beschreiben Ambient Assisted Living (AAL) als „die situationsabhängige und unaufdringliche Unterstützung des Menschen im täglichen Leben,...geht es bei älteren Menschen darum, ein sicheres, selbständiges Leben im häuslichen Umfeld überhaupt erst möglich zu machen bzw. zu verlängern“.

Bei Gersch et al. (2012) findet sich in Anlehnung an die VDE die nachfolgend zitierte Definition zu Ambient Assisted Living. *„Entwicklungen und Assistenzsysteme zur Gestaltung einer digitalisierten und vernetzten Umgebung, beispielsweise zur Kompensation vornehmlich altersbedingter Funktionseinschränkungen verschiedener Zielgruppen durch IKT-Unterstützung bei Alltagshandlungen, sowie der Übernahme von Kontroll- und Steuerleistungen für ein unabhängiges Leben im Alltag“.*

In der nächsten Abbildung (6) ist der generelle Ansatz des Niedersächsischen Forschungsverbundes für die Gestaltung altersgerechter Lebenswelten graphisch dargestellt.

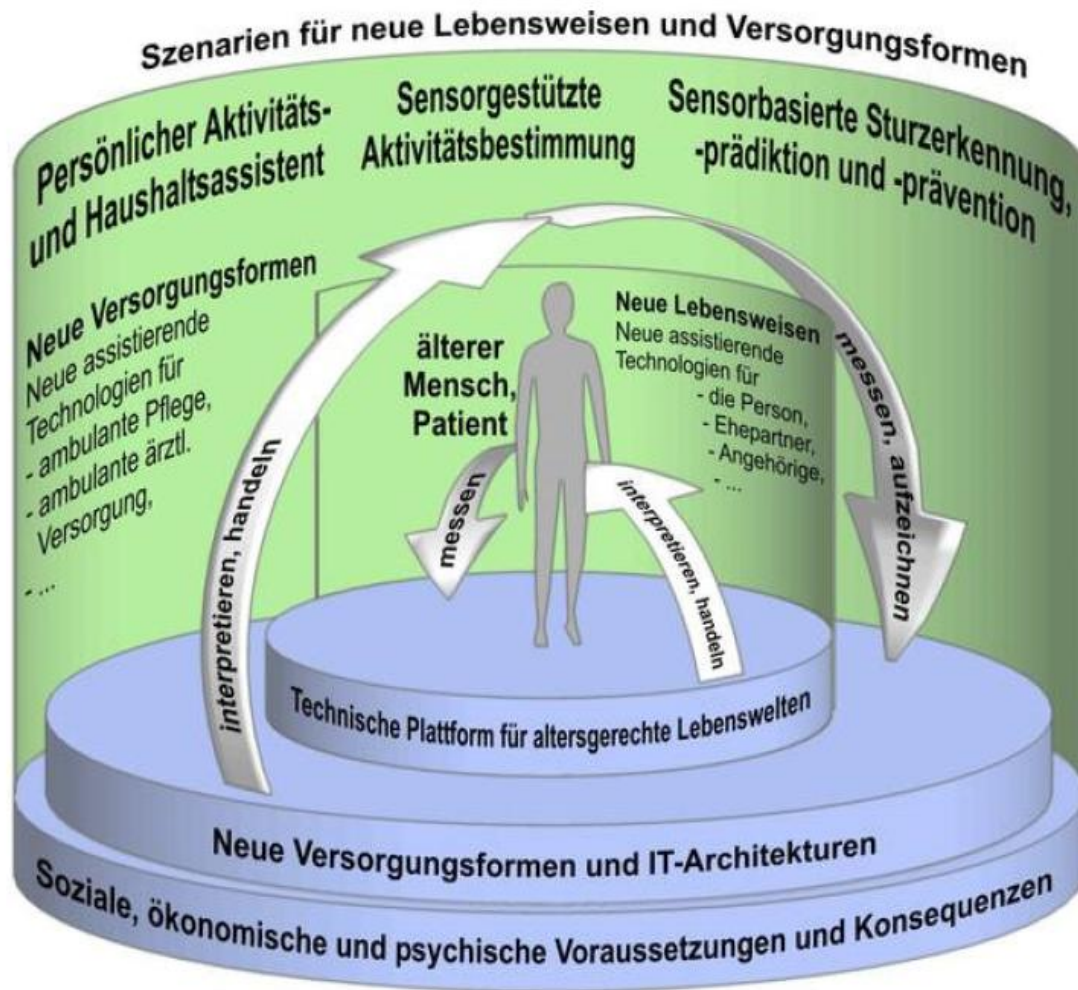


Abbildung 6: Konzeption des Niedersächsischen Forschungsverbundes

Die Basis bilden zum Ersten die Abschätzung der sozialen, ökonomischen und psychischen Voraussetzungen sowie deren Konsequenzen und zum Zweiten die Möglichkeiten die sich durch die Entwicklungen im technischen Bereich (neue Versorgungsformen und IT- Architekturen) ergeben. Als „kleinen Kreislauf“ oder inneren Kreis bezeichnet der niedersächsische Forschungsverbund die persönliche Nutzung der neuen assistierenden Technologien. Dieser innere Kreis stützt sich auf die technische Plattform für altersgerechte Lebenswelten, die von der zu Beginn beschriebenen Basis genährt wird. Im äußeren Kreis wird die Einbeziehung des sozialen Umfeldes gezeigt. Zur Zeit werden drei Bereiche, welche in der Graphik oben angeführt sind, umgesetzt. Es sind dies:

- Persönliche Aktivitäts- und Haushaltsassistent
- Sensorgestützte Aktivitätsbestimmung
- Sensorbasierte Sturzprävention und –erkennung

Dieses Beispiel zeigt sehr eindrucksvoll, wie komplex die Materie ist und wie umfassend eine Näherung sein muss. Dies kann nur in einem multiprofessionell arbeitenden Team erfolgen.

In diesem Zusammenhang gibt Kunze (2006, S.38ff) zu bedenken, dass sich Singlehaushalte und die Anzahl kinderloser Partnerschaften erhöhen wird. Das heißt, familiäre Netzwerke werden immer seltener und somit eine Absicherung im Alter nur außerfamiliär möglich sein. Um diese Kosten abzufedern sieht er aber die Chance ambienter Technologien.

Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik kann sich direkt auf die Art und Weise der Leistungserstellung und Koordination bestehender beziehungsweise neuer Wertschöpfungsketten und damit auf die Struktur arbeitsteiliger Leistungserstellungsprozesse sowie jeweils realisierter Leistungsangebote auswirken. Im Rahmen der Digitalisierung und Vernetzungen von Leistungsangeboten können bisher vorliegende Restriktionen und Begrenzungen bereits etablierter Angebote überwunden werden und so zu einer neuen Branchenarchitektur in bisherigen und/oder neuen Absatzmärkten führen (Gersch et al., 2012, S. 4).

Hiermit beschreiben die Autoren, dass die Grenzen bisheriger Anwendungen, zum Beispiel in der Unterstützung zuhause lebender Personen, durch den Einsatz neuer Technologien in immer kürzeren Abständen verschoben werden. Was gestern noch im Bereich von science fiction angesiedelt war, könnten die neuen Geschäftsbereiche von morgen sein.

In einer qualitativen Studie in Deutschland wurden Experten zum Thema „Auswirkungen der Einführung von technischen Assistenzsystemen“ befragt. Die Schlussfolgerungen die daraus gezogen wurde, sind:

- Die technischen Möglichkeiten und Grenzen müssen erkannt werden und
- Dem Bedarf von Pflege- und Hilfsbedürftigen sowie von Dienstleistern muss mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden

Eine Hochkonjunktur von AAL- Anwendungen wird von den Befragten in 10-20 Jahren erwartet (Garlipp et al., 2008, S. 20).

Die Zielsetzung auf europäischer Ebene von AAL- Anwendung wird von der Plattform Ambient Assisted Living Joint Programm in den einzelnen Mitgliedsländern umgesetzt, die Zielsetzung ist wie folgt formuliert:

“AAL aims to prolongate the time people can live in a decent way in their own home by increasing their autonomy and self-confidence, the discharge of monotonously everyday activities, to monitor and care for the elderly or ill person, to enhance the security and to save resources“ (Steg et al., 2006, S.28).

Wie wichtig die demographische Entwicklung von Seiten der Politik, aber auch der Wirtschaft genommen wird, zeigt das Gemeinschaftsprogramm auf EU-Ebene das 2008 ins Leben gerufen wurde. Unter dem Namen „Ambient Assisted Living Joint Programm“ fanden sich 23 Länder zusammen, welche gemeinsam die Steigerung der Lebensqualität älterer Menschen, durch den Einsatz neuester Technologien zum Ziel hat. Das vorerst bis 2013 befristete Projekt wurde mit einem Investitionsvolumen von 700 Millionen Euro ausgestattet. Der Einbeziehung der Anwender wird in diesem Projekt ein großes Augenmerk geschenkt. Jedes Jahr wird von der Ambient Assisted Living Association ein Forum veranstaltet, auf dem die Neuerungen und laufende Projekte zum Thema altersgerechte Assistenzsysteme vorgestellt und diskutiert werden. 2009 fand dieses Forum in Österreich statt. Die europäische Union hat 2010 eine Zwischenevaluierung durchgeführt und kam zu dem Schluss, dieses Projekt, das über 50 Forschungs- und Entwicklungsprojekte fördert, auch über das Jahr 2013 fortzuführen sei (Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie).

Die Grundgedanken von AAL werden von der Ambient Assisted Living Association wie folgt formuliert (Graßner et al., 2010, S. 45):

- Die Zeit zu verlängern, die es älteren Menschen erlaubt mit Hilfe von Technologien in ihrer gewohnten Umgebung selbstbestimmt, autonom und mobil zu leben
- Die Gesundheit und Funktionsfähigkeit von älteren Menschen zu erhalten
- Einen besseren Lebensstil für Personen mit physischen Beeinträchtigungen zu ermöglichen
- Die private Sicherheit zu erhöhen und soziale Isolation zu verhindern
- Pflegeeinrichtungen und Familien durch neue Produkte und Dienstleistungen zu unterstützen
- Die Effizienz und Produktivität von Ressourcen in einer älter werdenden Gesellschaft zu steigern

In der nächsten Abbildung (7) ist die Verteilung der Forschungsaktivitäten an AAL-Anwendungen in Europa dargestellt. Die Verteilung zeigt ganz deutlich den hohen Anteil an universitären Einrichtungen, die an der Erforschung beteiligt sind. Gaßner et al. (2010, S. 45) führt dies auf die frühe Phase von AAL-Anwendungen zurück, in der noch viele Probleme zu lösen sind. Diese Herausforderungen können aber nur durch ein Netzwerk von vielen ExpertInnen gelöst werden, in dem die Universitäten eine Schlüsselrolle einnehmen.

Number of private and public organisations active in research

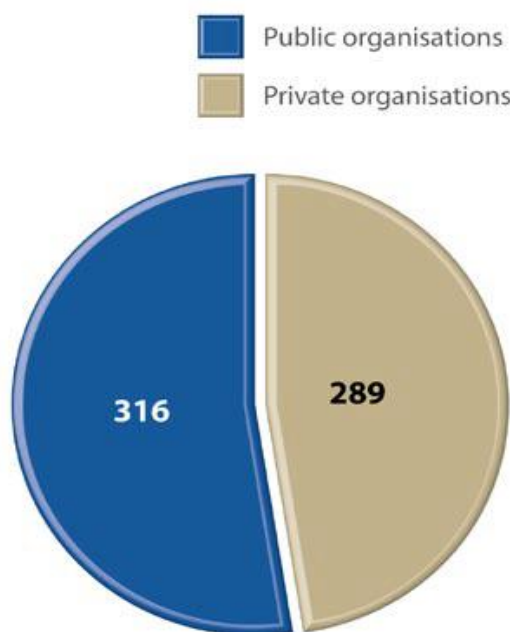


Abbildung 7: Verteilung der Forschung bei AAL- Anwendungen (Graßner et al., 2010, S. 45).

Der Bericht der Ambient Assisted Living Association gibt Aufschluss über aktuelle Projekte der einzelnen EU Mitgliedsstaaten im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien zur Unterstützung älterer Personen und deren unabhängigen Lebens.

4 Anwenderakzeptanz

Auch wenn ein Produkt als sehr erfolgversprechend gilt, muss es vom Anwender erst angenommen werden. Dieses Problem ist wahrscheinlich in der Altersgruppe der über 75-Jährigen noch größer, weil sie Innovationen meist besonders kritisch gegenüber stehen.

Die technische Universität Berlin führte 2011 eine Anwenderakzeptanzstudie zu „Nutzerabhängige Innovationsbarrieren im Bereich Altersgerechter Assistenzsysteme“ durch. Diese Untersuchung soll dazu beitragen, fortschrittliche technologische Entwicklungen für die Nutzergruppen interessant und anwendbar zu machen und die Absatzchancen erhöhen.

Graefe et al. (2008, S. 18), stellen in Ihren Untersuchungen fest, dass sich wenige EntwicklerInnen anfänglich mit der Frage später auftretender Problemen bei einer Systemeinführung auseinander setzten. Interdisziplinäre Ansätze und die Einbeziehung der Anwender in der Entwicklungsphase sind laut den Autoren notwendig, um die Einführungsbarriere möglichst niedrig zu halten.

In der Gruppe von sturzgefährdeten Personen, welche meist schon Einschränkungen in ihren Aktivitäten des täglichen Lebens aufweisen, dürfte eine weitere Schwierigkeit darin bestehen, dass Sturzerkennungssysteme von Betreuungspersonen angelegt werden müssen und somit die Akzeptanz von einer zweiten Anwendergruppe bestehen muss.

Kunze (2006, S. ff) führt hierzu folgende Probleme im Bereich der telemedizinischen Anwendungen an:

- Die Geräte sind oft nicht altersentsprechend konzipiert und in ihrer Handhabung viel zu kompliziert. Es wird zur Inbetriebnahme oftmals Fach- und/oder Hilfspersonal benötigt
- Die Systeme werden als unkomfortabel und zu offensichtlich für andere empfunden oder führen sogar zu Einschränkungen im Alltag
- Die Weiterverarbeitung der Daten ist oftmals zu kompliziert und aufwändig aufgrund von Insellösungen
- Die Anschaffung- und Betriebskosten sind sehr hoch und somit eine Akzeptanz von älteren Personen und Kostenträgern (z.B. Krankenkassen) gering

Hiermit liefert er auch einige Begründungen, warum auch vielversprechende Systeme oft nicht die entsprechende Würdigung erfahren.

Eine Untersuchung an über 50-jährigen in Deutschland ergab, dass Anwendungen im Gesundheitsbereich auf deutlich mehr Zuspruch stießen als andere

Anwendungsbereiche. Es zeigte sich hier eine besonders hohe Akzeptanz gegenüber einem vorgestellten Sturzerkennungssystem. In Abbildung 8 sind die befragten Bereiche ersichtlich. Den TeilnehmernInnen (n=307) wurden vor der Befragung die einzelnen Teilbereiche mit einem Beispiel vorgestellt. Sicherheit und erhöhte Selbstständigkeit im Alter sind laut der Erhebung ganz vorne zu finden. Vorbehalte finden sich aber ebenfalls. Oft genannt werden in diesem Zusammenhang die Anfälligkeit für Störungen und die oft zu komplizierte Anwendung. Einigen Personen machen diese Entwicklungen aber auch Angst.

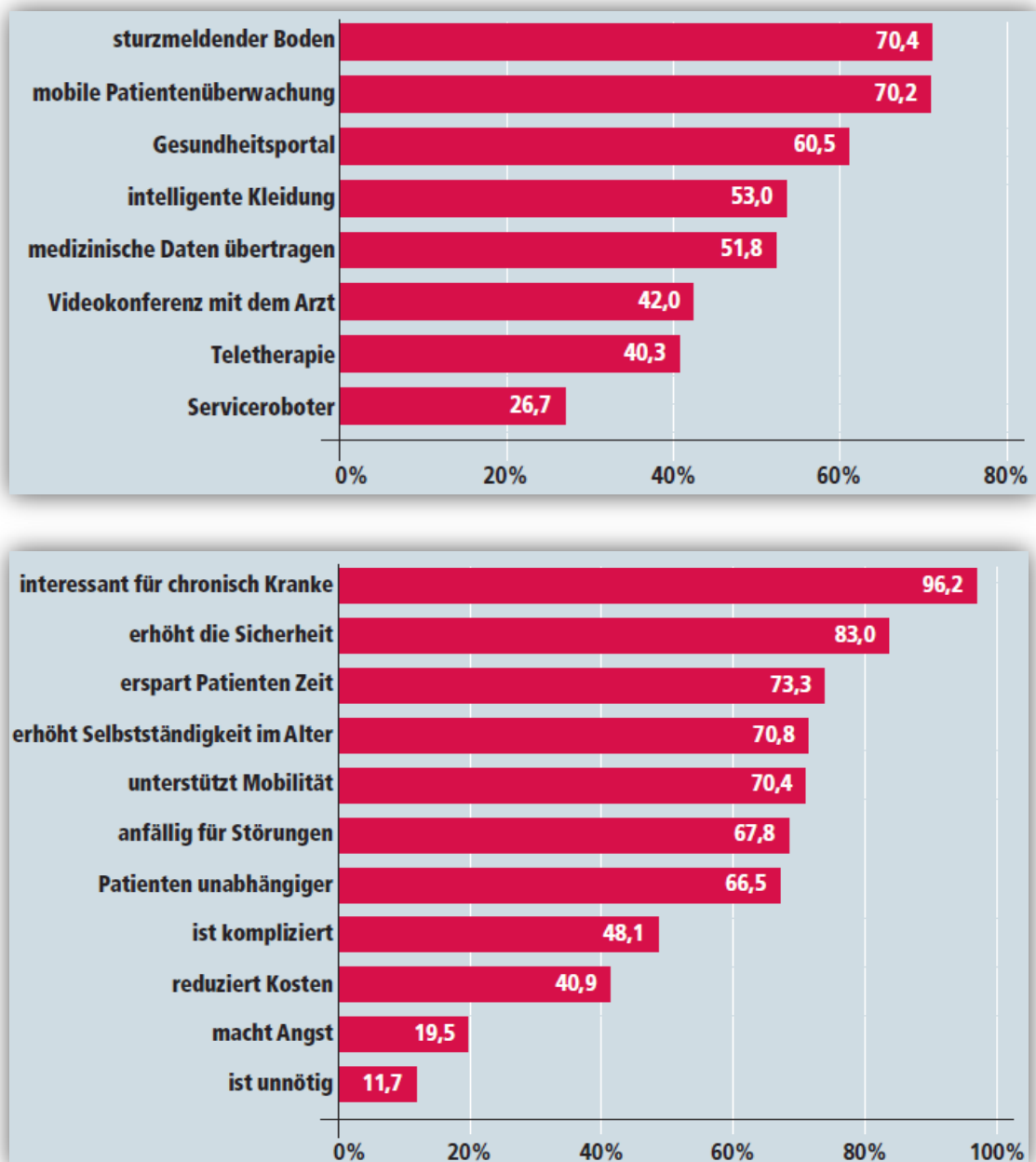


Abbildung 8: Akzeptanz von telemedizinischen Anwendungen bei über 50-jährigen (Meyer et al., 2003, S 3294ff)

„Die Realisierung von AAL- Szenarien ist technologisch sehr aufwendig“ betonen Kunze et al. (2008, S.1). Weiters führen sie aus, dass nur ganzheitliche Lösungen, welche Fachwissen aus den Bereichen

- Elektrotechnik (Sensorik)
- Informatik (Middleware)
- Ökonomie (Dienstleistungsgestaltung)

enthalten, später am Markt auch eine Überlebenschance haben. In Abbildung 9 sind diese Bereiche, die schon bei der Konzeption Berücksichtigung finden müssen, graphisch ansprechend dargestellt.

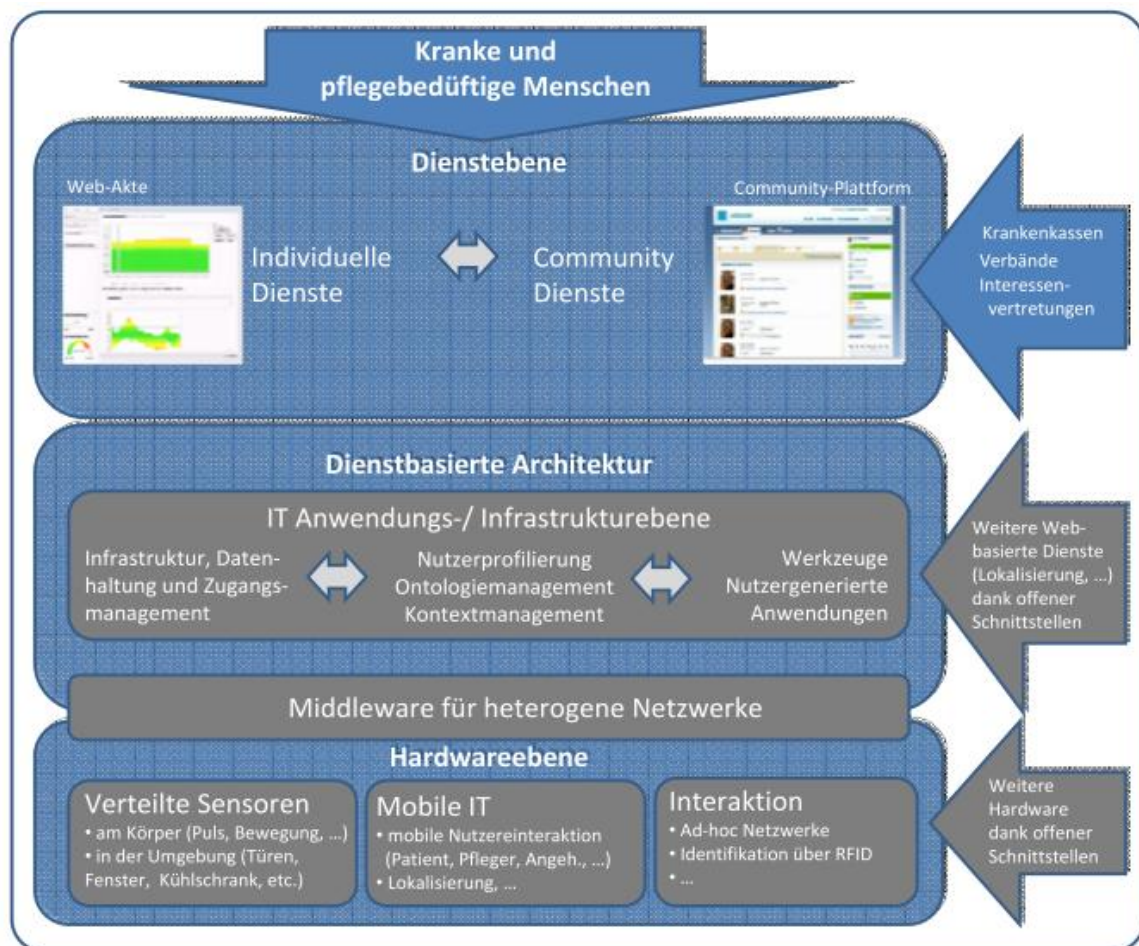


Abbildung 9: Ebenen von AAL- Anwendungen (Kunze et al., 2008, S.1)

Um die gegenwärtigen und zukünftigen Marktchancen von AAL- Produkten einzuschätzen wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung in Deutschland ein Projekt ausgeschrieben, das die Marktpotentiale, Entwicklungschancen, gesellschaftliche, gesundheitliche und ökonomische Effekte der zukünftigen Nutzung von Ambient Assisted

Living Technologien erhebt. Dem Schlussbericht ist zu entnehmen, dass es in Deutschland 2010 noch keinen funktionierenden Markt für AAL Produkte gibt (Berndt et al., 2010, S. 95ff).

Zur Veranschaulichung von Wirksamkeit und Akzeptanz soll ein Beispiel aus der Verletzungsprophylaxe gebracht werden. Hüftprotektoren sind als wirkungsvoller Schutz zur Verletzungsminimierung nach Stürzen anerkannt und finden auch teilweise Anwendung. Bei Sturzerkennungssystemen welche einen Sturz schon vor dem Aufprall detektieren, wird oft die Möglichkeit genannt, sogenannte „Airbags“ im Hüftbereich einzusetzen. Diese Airbags wären in etwa mit Hüftprotektoren gleich zusetzten. Aus einer Studie in der Schweiz geht hervor, dass aber nur sehr wenige Senioren bereit sind derartige Maßnahmen auch umzusetzen. In Abbildung 10 ist die Akzeptanz nach Tragedauer von einem Hüftprotektor abgebildet. Es zeigte sich, dass mit zunehmender Tragedauer die Akzeptanz abnimmt. In der Nacht ist sie von Anfang an nicht gegeben und sinkt im zeitlichen Verlauf gegen Null.

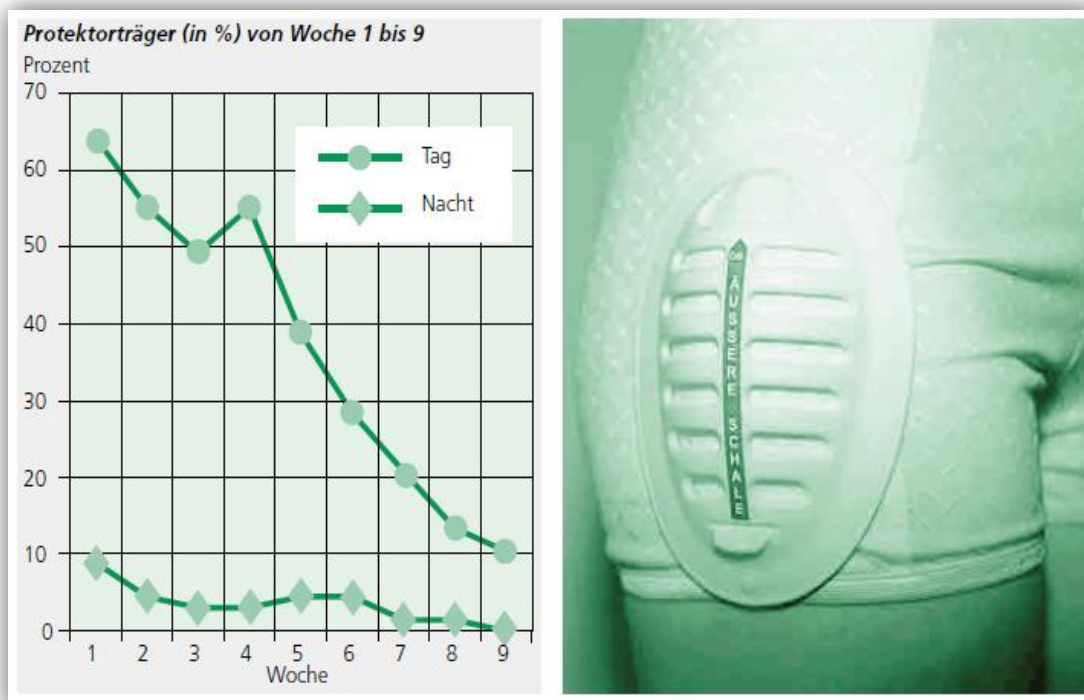


Abbildung 10: Abnahme der Akzeptanz nach Tragewochen (Hubacher, 2000, S. 1).

Daraus ist zu schließen, dass es ein schwieriges Unterfangen sein wird derartige Systeme akzeptabel zu machen, da die Akzeptanz von Hüftprotektoren allein schon problematisch scheint. Eine Kombination bei sogenannten Pre- Impact Modellen in Kombination mit einem Airbag im Hüftbereich lässt somit auf wenig positive Resonanz hoffen.

Die Implementierung sogenannter AAL Living Labs in Europa zeigt, dass sich die geforderte Anwenderpartizipation durchsetzt. Das Living Lab Schwechat ist Mitglied des Europäischen Netzwerks of Living Labs (ENoLL). Im Living Lab in Schwechat werden die Anwender von Anfang an in den Entwicklungsprozess mit eingebunden.

Ein Punkt der nicht in direktem Zusammenhang mit der Anwenderakzeptanz steht, aber mit der Markteinführung zu tun hat, soll im folgenden kurz Darstellung finden. In einer Untersuchung aus Deutschland wurden die Innovationshürden in der Medizintechnik untersucht. Schlötelburg et al. (2008, S. 4ff) führen folgende drei Punkte an, welche sich negativ auswirken könnten:

- Die Refinanzierung eines Medizinproduktes dauert immer länger, dies könnte für junge Medizintechnikunternehmen eine große Hürde darstellen
- Der Entwicklungsprozess von der Idee bis zur Vermarktung ist sehr kostspielig und schreckt viele ab. Die Kostenrückerstattung von den gesetzlichen Krankenversicherungen wird ebenfalls als lang und undurchsichtig angeführt
- Das interdisziplinäre Zusammenwirken von unterschiedlichen Technologien und Wissenschaften ist oft schwer zu bewerkstelligen

5 Sturzerkennungsmethoden

Welche Methoden werden zur Sturzerkennung eingesetzt? In diesem Kapitel finden sich die gängigsten Sturzerkennungsmethoden mit Beispielen von Prototypen beziehungsweise Systemen welche bereits am Markt verfügbar sind.

Zum Einen kommen Methoden zum Einsatz, welche Messungen an der Person selbst durchführen, die als ortsunabhängig betrachtet werden können, zum Anderen werden berührungslose, ortsabhängige Methoden eingesetzt.

Bei den ortsabhängigen Methoden kommen hauptsächlich Bilderkennungssysteme zum Einsatz. Neben den optischen Erkennungsmethoden werden auch verschiedene Sensoren im Haushalt eingesetzt die an unterschiedlichen Gebrauchsgegenständen (Kühlschrank, WC- Spülung, Lichtschalter, Herd, usw.) platziert werden. Hier werden bestimmte Abfolgen zu bestimmten Zeiten erwartet. Treffen diese (z.B. WC-Spülung nicht bis 9Uhr vormittags benutzt) nicht ein, so erfolgt eine Alarmierung. Relativ neu und vielversprechend sind sogenannte „intelligente Böden“ die durch eine rasterförmige Verteilung von Drucksensoren am Boden genügend Auflösung haben um Stürze zu erkennen.

Bei den ortsunabhängigen Erkennungsmethoden werden meist Beschleunigungs- und/ oder Neigungswinkelmesser (vgl. Bourke et al., 2008; Nyan et al., 2008; Wu, 2000) verwendet. Des weiteren finden Barometer (Lüder et al., 2009, S 1-5) als Sensoren Anwendung. Ein Kleinstrechner übernimmt die Auswertung der Signale, welche über die Sensoren gemessen werden. Die Recheneinheit vergleicht die gemessenen Daten in Echtzeit mit den aus Modellberechnungen stammenden Schwellwerten. Weitere Möglichkeiten setzten schon in der Prävention an. Beispiele sind pedobarographische Erhebungen des Sturzrisikos einer Person (Kurschl et al., 2007, S 791ff). Diese können direkt im Schuh gemessen werden und bei einer Zunahme des Sturzrisikos Informationen an die nötigen Stellen weiterleiten.

Wenn man den Sturz in vier Phasen einteilt, wie von Noury et al. (2008, S. 341) vorgeschlagen wird, ist auch eine Klassifizierung der Sturzerkennungsmethoden nach den Fallphasen möglich. Zu Beginn dieses Abschnittes werden diese Phasen beschrieben um dann in weiterer Folge die Erkennungsmethoden den einzelnen Phasen zuzuordnen und mit Beispielen zu ergänzen.

5.1 Phasen der Sturzerkennung

Unabhängig von der Sturzursache kann der unkontrollierte Fall zu Boden in vier Phasen eingeteilt werden, welche in Abbildung 11 zu sehen sind.

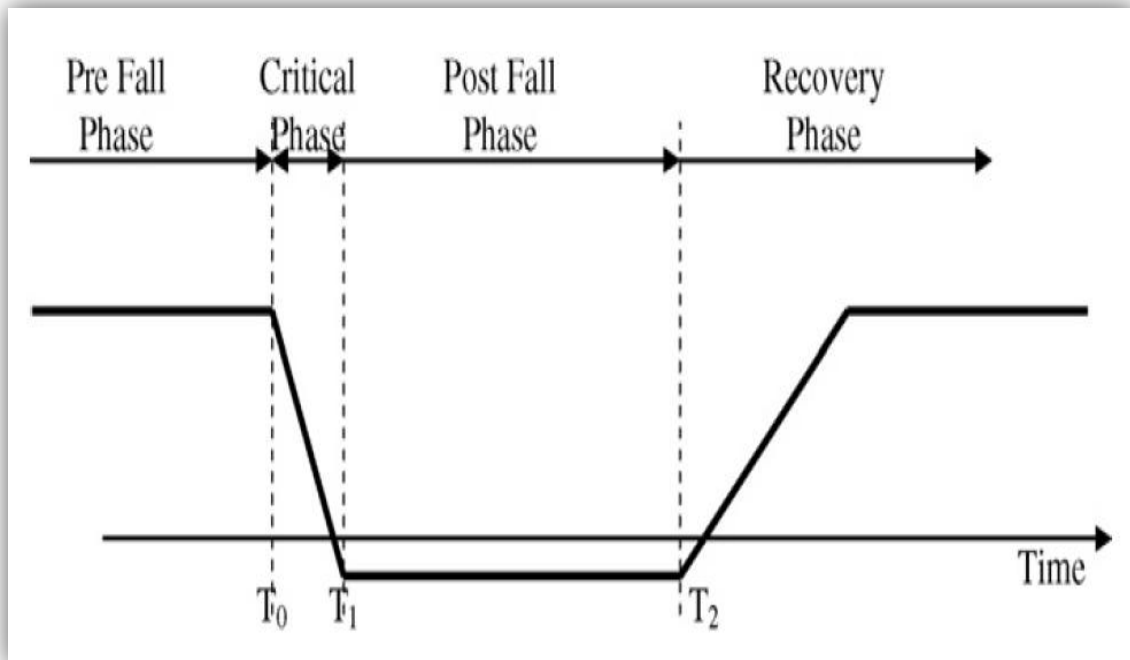


Abbildung 11: Sturzphasen (Noury et al., 2008, S. 341)

5.1.1 Erste Phase

Die Pre Fall Phase stellt jenen Abschnitt dar in dem die Person mit Alltagsaktivitäten wie zum Beispiel, Hinsetzen, Hinlegen, Stiegen steigen, Waschen und so weiter beschäftigt ist. In dieser Zeitspanne soll es zu keiner Auslösung kommen und falsch positive Ergebnisse produziert werden.

5.1.2 Zweite Phase

Die Critical Phase, die in der Abbildung 11 mit den zwei Zeitpunkten T_0 bis T_1 festgelegt ist, kann mit der Fallinitiierung und dem Aufprall beschrieben werden. Diese Phase dauert in etwa 300 – 500ms. Hier setzen Systeme an, die den Sturz schon vor dem Aufprall erkennen um in weiterer Folge die Möglichkeit von Sicherungsmaßnahmen (z.B. Airbag im Hüftbereich) nutzen sollen.

5.1.3 Dritte Phase

Die Post Fall Phase beschreibt den Zustand nach dem Aufprall, wo die Person auf dem Boden liegt. Diese Phase ist von immenser Wichtigkeit, da die Zeit möglichst kurz gehalten werden muss um die Konsequenzen des Sturzes möglichst gering zu halten.

5.1.4 Vierte Phase

In der vierten Phase, der sogenannten Recovery Phase, hat der oder die Gestürzte die Möglichkeit selbst oder mit fremder Hilfe aufzustehen. Die Erkennungseinheit muss auch hier die Möglichkeit bieten den Alarm zu quittieren oder gar nicht auslösen.

5.2 Einteilung ortsunabhängiger Erkennungsmethoden nach den Sturzphasen

In der hier vorliegenden Arbeit werden die vier zuvor beschriebenen Phasen genutzt, um Sturzerkennungssysteme, welche am Körper getragen werden, zu klassifizieren.

Prinzipiell kann bei den Erkennungsmethoden von am Körper getragener Sensoriken zwischen jenen, die einen Sturz ohne Aufprall (Preimpact) und jenen welche den Aufprall zur Detektion nutzen, unterschieden werden.

5.2.1 Sensoren und Lokalisation

Zu Beginn werden die Möglichkeiten der Sensoranbringung und die verwendeten Messwertaufnehmer beschrieben. Den Abschluss des Unterkapitels werden die Probleme, welche durch die Positionierung und die Verwendung bestimmter Sensoren entstehen können, zusammengefasst.

Bei den zur Zeit schon am Markt erhältlichen Produkten zur Sturzerkennung finden sich bei den getragenen Erkennungseinheiten zumeist Sensoriken, welche um die Hüfte (siehe Abbildung 12) oder um den Arm getragen werden (siehe Abbildung 13). Die eingesetzten Sensoren sind Beschleunigungsmesser (meist dreidimensional) und/ oder Gyroskope zur Lagebestimmung.



Abbildung 12: Hüftgetragene Erkennungseinheit



Abbildung 13: Armgetragene Erkennungseinheit

Diese Positionierungen bringen aber auch Nachteile mit sich, die Keck et al. (2010, S. 13f.) folgendermaßen zusammenfassen:

- Die Positionierung am Handgelenk ist eine Stelle, welche sehr viel bewegt wird und kann daher Probleme bei der Abgrenzung zu Alltagsaktivitäten machen.
- Die Positionierung im Hüftbereich ist bei der Verwendung in der Nacht (Druckstellen) problematisch. 30 Prozent der Stürze ereignen sich aber in den Nachtstunden.

Von den oben genannten Autoren wird zur Zeit ein System erprobt, das ähnlich einem Hörapparat am Ohr getragen wird. In der Abbildung 14 ist sowohl die Erkennungseinheit als auch das Konzept des Sensorsystems ersichtlich.

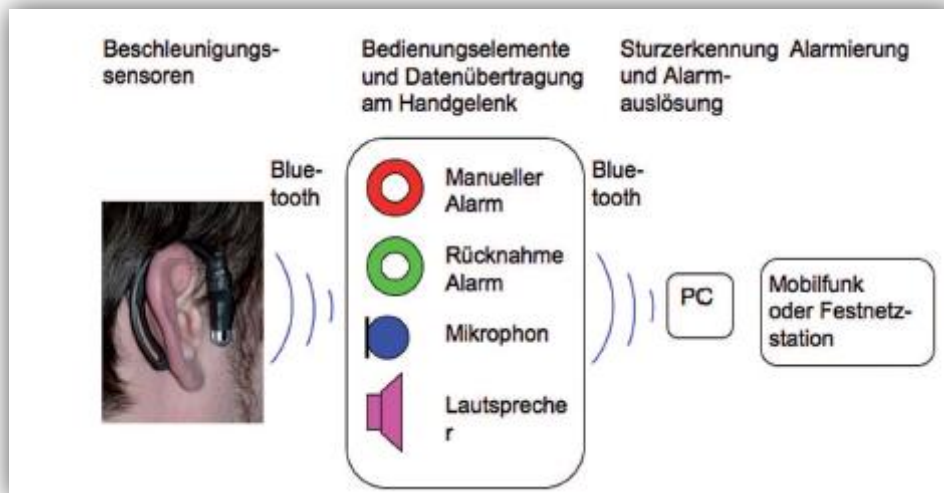


Abbildung 14: Konzept eines Sensorsystems, welches am Ohr getragen wird.

Eine weitere Möglichkeit zur Erfassung von Beschleunigungsdaten ist in der Abbildung 15 zu sehen.



Abbildung 15: Sternale Anbringung des Beschleunigungssensors

In Tabelle 2 sind mögliche Positionierungsmöglichkeiten, die Anwendung gefunden haben oder finden, die verwendeten Sensoren mit Kombinationen und die Autoren zusammengefasst. Diese Tabelle versteht sich als Übersicht und ist sicherlich in keiner Weise als eine vollständige Auflistung zu sehen.

Lokalisation	Verwendete Sensoren	Autoren
Kopf (Ohr)	3D Beschleunigungsaufnehmer	Lindemann et al. (2005)
Hüfte	3D Beschleunigungsaufnehmer	Bourke et al. (2007)
Handgelenk, Hüfte und Kopf	3D Beschleunigungsaufnehmer	Kangas et al. (2007)
Brust (Sternum) und Bein	3D Beschleunigungsaufnehmer und Gyroskope	Hanson et al. (2009)
Brust (Sternum)	Gyroskope	Bourke et al. (2008)
Brust (Sternum)	3D Beschleunigungsaufnehmer und Gyroskope	Hwang et al. (2004)
Mobiltelefon (eingesteckt)	3D Beschleunigungsaufnehmer	Jiangpeng et al. (2010) Zang et al. (2006)
Handgelenk, Hüfte	3D Beschleunigungsaufnehmer und Luftdrucksensor	Eelis et al. (2007), Bianchi et al. (2009), Salomon et al. (2010)
Sakrum	4D Beschleunigungsaufnehmer	Prado et al. (2002)

Tabelle 2: Positionierungsmöglichkeiten von getragenen Sensoren

Ein weiterer Punkt, bezüglich der Anwenderakzeptanz, ist bei Kunze (2006, S. 4) zu finden. Er schreibt, dass von sogenannten Insellösungen abgeraten wird. Begründet wird dies „mit erheblichen Kosten für dedizierte Hardware, hohem Konfigurations- und Verwaltungsaufwand und einer aufwändigen Bedienung und Betreuung.“

Die Problematik einer sichtbar getragenen Sensorik ist die Stigmatisierung. Noury et al. (2008, S. 346) führen dazu an, dass somit das Handicap sichtbar gemacht wird, was die Akzeptanz negativ beeinflussen könnte.

Der beschriebene Nachteil von Noury et al. ist aber gleichzeitig auch als Vorteil zu sehen, da andere Personen durch die Visibilisierung der Sensorik erkennen können, dass auch Andere sturzgefährdet sind. Die Verwendung des Sturzdetektors im Alltag könnte beispielhaft für andere sein, den Fallsensor selbst zu tragen.

Einen weiteren Aspekt geben Garlipp et al. (2008, S. 9) bei getragenen Sensoren zu bedenken. Ältere Personen legen diese nicht an, weil sie einfach darauf vergessen oder weil sie das kostspielige Ding nicht kaputt machen wollen.

5.2.2 Pre- Impact

„Wenn es passiert, ist es eigentlich schon zu spät“ ist im Geleitwort von Tideiksaar (2000, S.12) zu lesen. Diese Erkenntnis spielt auf die präventiven Maßnahmen an, die eine Menge an Stürzen verhindern könnten. Tatsache ist aber, dass nicht alle Stürze verhinderbar sind.

Diese Problematik von Tideiksaar ist erkannt worden und findet bei sogenannten Pre-Impact Methoden Berücksichtigung. Diese Art der Sturzerkennung setzt in der oben beschriebenen kritischen Phase an und bietet die Möglichkeit, Maßnahmen vor dem Aufprall in die Wege zu leiten. Bei Erkennungsmethoden, die ohne die Beschleunigung durch den Aufprall Stürze detektieren, werden die auftretende horizontale und/ oder vertikale Geschwindigkeit gemessen. Wu (2000, S.1498) konnte schon vor ca. 12 Jahren bei ihren Untersuchungen zeigen, dass die vertikale und die horizontale Geschwindigkeit bei Stürzen um das zwei- bis dreifache im Vergleich zu Alltagsaktivitäten ansteigen. In Abbildung 16 auf der nächsten Seite sind diese Erkenntnisse dargestellt.

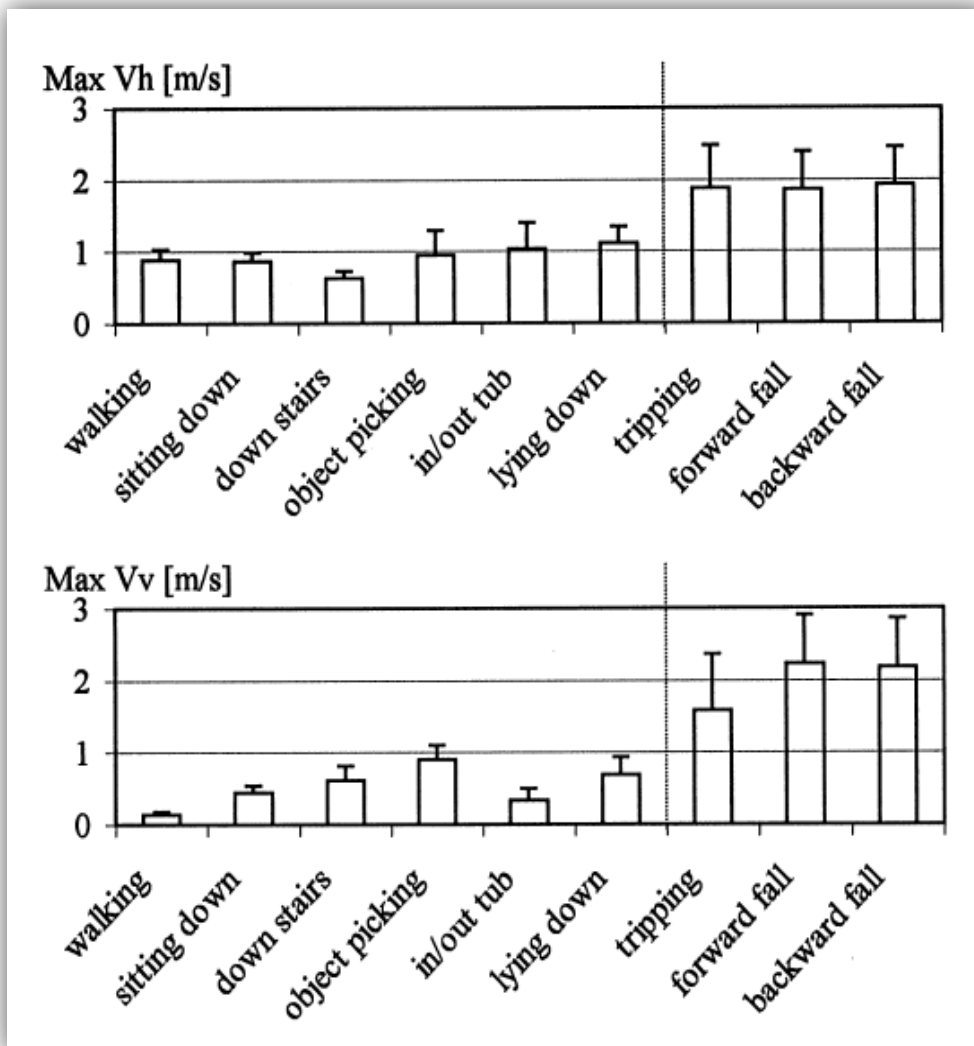


Abbildung 16: Vertikale (Vv) und horizontale (Vh) Geschwindigkeiten bei Aktivitäten des täglichen Lebens und bei Stürzen (Wu, 2000, S. 1498).

Wu (2000, S. 1498f) konnte mit ihrer Untersuchung eindrucksvoll dokumentieren, dass ein Sturz ca. 300 – 400ms vor dem Aufprall erkannt werden kann und damit die Möglichkeit besteht schützende Maßnahmen vor dem Aufprall einzuleiten. Ein Beispiel wären Airbagsysteme, welche bei einem Sturz auf den Trochanter major zum Einsatz kommen könnten und so die Aufprallenergie und in weiterer Folge Verletzungen im Hüftgelenksbereich deutlich reduzieren könnten.

Weitere Forschungsgruppen (Bourke et al., Nyan et al.) führten im Bereich der Sturzerkennung vor dem Aufprall weitere Untersuchungen mit meist jungen ProbandInnen durch. In ihren Experimenten kamen unterschiedlichste Algorithmen und Sensoren zum Einsatz.

Bevor im Anschluss die Studien von Bourke et al. und Nyan et al. angeführt werden, sollen zwei Begriffe die im Zusammenhang mit der Beurteilung der Funktionsfähigkeit von Sturzerkennungssystemen stehen, erläutert werden:

1. Hohe Sensitivität: jeder Sturz der sich tatsächlich ereignet muss auch als solcher erkannt werden
2. Hohe Spezifität: Fehllarme aufgrund beabsichtigter oder unbeabsichtigter Bewegungen dürfen nicht als Sturz erkannt werden

Nyan et al. (2008, S. 3475ff) setzten für einen Prototypen eine zu tragende Sturzerkennungseinheit ein, die mit einem 3 axialen Beschleunigungsaufnehmer und einem 2 axialen Gyroskop ausgestattet war. Die Einheit wurde auf Hüfthöhe angebracht. Das Hauptaugenmerk war auf die möglichst frühzeitige Erkennung vor dem Aufprall gerichtet. Mit einer Spezifität von 100 Prozent und einer Sensitivität von über 95 Prozent konnten die WissenschaftlerInnen mit jungen ProbandInnen sehr gute Ergebnisse erzielen. Mit 700ms (Mittelwert) vor dem Impact, konnte mit dem Prototyp des Sturzdetektors die längste bis dato erreichbare Zeitspanne, in einem wissenschaftlichen Experiment, gezeigt werden.

Bourke et al. (2008, S. 90) schlagen vor, Sturzerkennungssysteme zur Redundanz mit zwei unabhängig arbeitenden Sensoren auszustatten. Mit einer Spezifität und einer Sensitivität von 100 Prozent konnte dies im Experiment schon umgesetzt werden. Von der Forschergruppe um Bourke sind folgende Zeiten vor dem Aufprall angegeben:

- Durchschnittlich 323ms vor dem Oberkörperimpact
- 140ms vor dem Knieimpact

Pre- Impact Systeme sind eine Weiterentwicklung der Impact Systeme. Hier wird die oben beschriebene Problematik, „wenn ein Sturz passiert, ist es eigentlich schon zu spät“, zumindest teilweise Rechnung getragen. Auch wenn in diesem Zusammenhang hauptsächlich die physischen und sozialökonomischen Spätfolgen angesprochen werden. Ob sich derartige Systeme in naher Zukunft durchsetzen werden ist fraglich (vgl. hierzu Akzeptanz von Hüftprotektoren einer Schweizer Untersuchung auf Seite 30). Wenn dieser Bereich auch sehr vielversprechend scheint, wird hier noch eine Menge an Arbeit nötig sein, um diese Art von Sicherheitsmaßnahmen den Anwendern näherzubringen.

5.2.3 Impact

Bourke et al. (2008, 87ff) nutzten die Erkenntnis, dass einem Sturz eine Winkeländerung des Oberkörpers vorausgeht. Drei Schwellwerte müssen positiv bewertet werden, um die Erkennung zu gewähren.

1. Winkelgeschwindigkeit
2. Winkelbeschleunigung
3. Zurückgelegter Winkel

In Abbildung 17 ist der Erkennungsalgorithmus beispielhaft dargestellt. Zwei typische Alltagsbewegungen, ADL(a) und ADL (b) sowie ein Sturz, Fall (a) werden gezeigt. Die grünen Balken, mit der Beschriftung FT1, FT2, FT3, sind die jeweiligen Schwellwerte. Im Beispiel ADL (a) wird eine Alltagsaktivität ausgeführt, wobei die Grenzwerte der Winkelgeschwindigkeit und des zurückgelegten Winkels überschritten werden. Die auftretende Winkelbeschleunigung aber nicht sturzrelevant ist. Im zweiten Fall, ADL (b), sind die Grenzwerte der Winkelgeschwindigkeit und der Beschleunigung erreicht worden, der zurückgelegte Winkel aber zu gering um einen Fall zu erkennen. Das letzte Exempel, Fall (a), zeigt in allen drei Bereichen eine Schwellwertübertretung und löst somit eine Alarmierung aus.

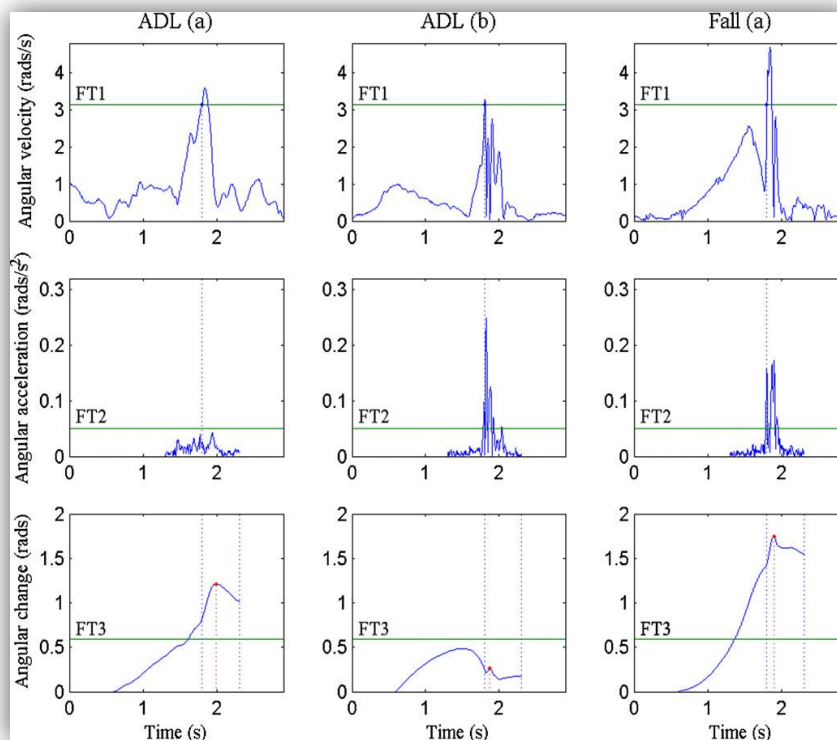


Abbildung 17: Signale und Grenzwertüberschreitung bei zwei Alltagsaktivitäten und einem Sturz

Im ersten Schritt wird die Winkelgeschwindigkeit zur Erkennung herangezogen. Um eine Abgrenzung von Alltagsaktivitäten zu gewähren, reicht dies aber nicht aus. Der zweite Beurteilungsparameter ist die Winkelbeschleunigung welche durch eine Differenzierung der Winkelgeschwindigkeit berechnet wird. Um ruckartige und reflexartige Bewegungen wie Niesen, Husten oder Stolpern zu filtern wird im letzten Schritt der zurückgelegte Winkel berücksichtigt, welcher durch die Integration der Winkelgeschwindigkeit berechnet wird. Im Experiment konnte mit diesem Algorithmus eine Spezifität und eine Sensitivität von 100 Prozent erreicht und gezeigt werden, dass eine Sturzdetection durch die alleinige Verwendung eines Gyroskops sehr gut möglich ist.

Der vorgestellte Algorithmus von Bourke et al. findet in einem Low-cost Vitaldatenmonitoringprojekt Niederschlag. Die Zielsetzung dieser Arbeit ist die Entwicklung eines kostengünstigen Sensorsystems (ca. 10€/Stück), welches modular aufgebaut ist und folgende Features beinhaltet:

- Personenortung
- Vitaldatenmonitoring
- Sturzdetection
- Bewegungs- und Haltungsanalyse
- Kalorienberechnung

Dieses Beispiel von Haid et al. (2011) spiegelt den Grundgedanken von AAL-Anwendungen sehr gut wieder. Zum einen kostengünstig und zum anderen vielfältig in der Anwendung.

Bourke et al. (2010, S.3051) wandten zur Evaluierung ihrer um die Hüfte getragenen Sturzsensoren folgendes Vorgehen an:

- Simulierte Stürze laut vorgegebenem Protokoll von jungen ProbandInnen
- Simulierte Aktivitäten des täglichen Lebens laut vorgegebenem Protokoll mit jungen ProbandInnen
- Simulierte Aktivitäten des täglichen Lebens mit älteren ProbandInnen laut vorgegebenem Protokoll
- Aktivitäten des täglichen Lebens ohne Vorgabe, bei der Verrichtung dieser in der eigenen Umgebung älterer ProbandInnen

Es wurden insgesamt 21 verschiedene Algorithmen welche in den letzten Jahren publiziert wurden, zur Testung herangezogen. Es konnte gezeigt werden, dass ein Algorithmus, welcher Schwellwerte der Vertikalgeschwindigkeit, des Aufpralls und der Lage beinhaltet eine Spezifität und eine Sensitivität von 100 Prozent erreicht.

Keck et al. (2010, S 13ff) ziehen zur Sturzerkennung mittels Beschleunigungssensor folgende 3 Kriterien heran:

1. Beurteilung der Lageänderung
2. Aufprallgeschwindigkeit
3. Frei werdende Deformationsenergie

Mit dieser Kombination zur Beurteilung und der Lokalisation des Beschleunigungsaufnehmers am Ohr, geben die Autoren eine sehr hohe Spezifität an. Die Erkennungseinheit wurde von älteren Personen getestet. Es sind über 2000 alltägliche Aktivitäten aufgezeichnet worden und es kam zu keinem Fehlalarm. Dies wird auch auf die Positionierung zurückgeführt, da am Kopf keine großen Beschleunigungen während Alltagsbewegungen auftreten. Die Sensitivität kann noch nicht beurteilt werden, da erst insgesamt sechs Stürze, wovon nur drei protokolliert wurden, aufgezeichnet wurden. Die Autoren weisen in diesem Zusammenhang nochmals auf die Wichtigkeit der Erprobung zur abschließenden Beurteilung einer Sensorik hin. In Abbildung 18 sind die Beschleunigungswerte eines realen Sturzes einer älteren Dame ersichtlich.

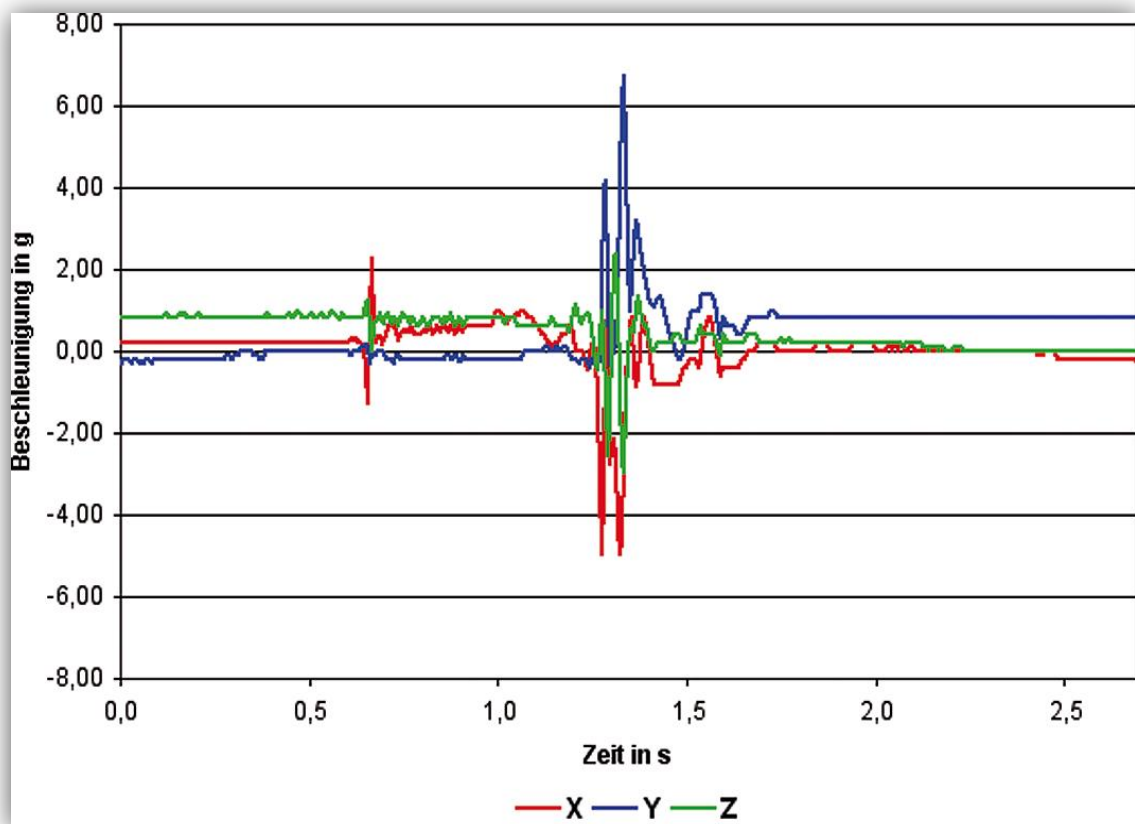


Abbildung 18: Beschleunigungssignale eines realen Sturzes einer älteren Dame. Bei ca. 0,6s Sturzbeginn, der Aufprall ereignet sich nach ca. 1,25s (Keck et al., 2010, S.14)

Ein weiterer Vorteil, den die Wissenschaftler nennen, ist die Verwendung in der Nacht. Bei den hüftgetragenen Einheiten ist dies nur bedingt möglich.

Ein etwas anderer Ansatz getragener Erkennungssysteme wird an der Universität Rostock erprobt. Hierfür wird ein hüftgetragenes Gerät mit einem Beschleunigungssensor in Kombination mit einem Luftdrucksensor verwendet. Der Luftdruckmesswertgeber arbeitet mit einer Auflösung von 0,03hPa, das entspricht einer Höhe von 0,25m. Es wird die Tatsache genutzt, dass der Luftdruck bei einem Sturz ansteigt. Das heißt, bei einem Sturz zu Boden fällt man nach unten, wodurch die Luftsäule schwerer wirkt. In Abbildung 19 ist die Luftdruckänderung bei einem Sturz zur Seite ersichtlich. Der Sturz beginnt bei circa 7,5 Sekunden und zeigt sich durch die rasche Zunahme des Luftdrucks von 1006,4 auf über 1006,6 Hektopascal.

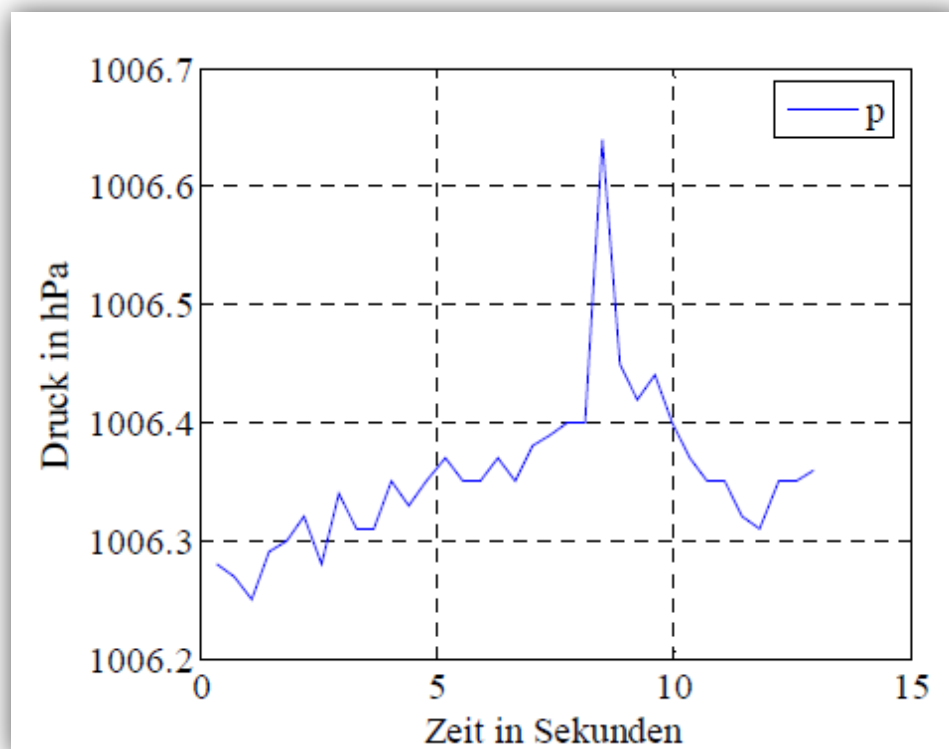


Abbildung 19: Luftdruckverhalten bei einem Sturz zur Seite (Lüder et al., 2009, S.5).

Der sogenannte StairMaster befindet sich noch in der Erprobungsphase, es liegen keine Ergebnisse bezüglich der sensitiven Leistung sowie der Spezifität vor.

5.3 Ortsabhängige Sturzerkennungsmethoden

Im Anschluss finden sich drei Detektionsmethoden die berührungslos arbeiten und zum Teil erfolgreich zum Einsatz kommen.

5.3.1 Videobasierte Methoden

Visuelle Sensoren sind universell einsetzbar und heute kostengünstig in der Anschaffung. In Kombination mit leistungsstarken Rechnern, werden sie daher als geeignete Sensoren für AAL- Anwendungen gesehen. Es gibt mehrere Ansätze um Stürze mit kamerabasierten Methoden automatisch zu erkennen.

Spehr et al. (2009, S. 925) haben die gängigsten Methoden die in der Literatur beschrieben werden in einer praxisnahen Langzeitanwendung über 14 Monate getestet. Sie kamen zu dem Schluss, dass kamerabasierte Erkennungsmethoden durchaus Potential haben, aber derzeit unter realen Bedingungen nicht einsetzbar sind.

Im Prinzip beruht die visuelle Beurteilung auf einer Ganganalyse die berührungslos durchgeführt wird. Hierbei kommen bei AAL- Anwendungen nur markerlose Analysemethoden zur Anwendung. Diese sind aber sehr aufwändig und stellen hohe Ansprüche an die Auswertung. Nachfolgend sind einige Möglichkeiten der visuellen Sturzerkennung erläutert. Unter anderem sind die vier Verfahren (Aktivitätenmonitoring, Lokalisation, Verhaltensmuster und das Erkennen von Anomalien und Stürzen) von den Autoren Spehr et al. zur Langzeituntersuchung herangezogen worden, stellen aber keine vollzählige Auflistung der visuellen Sturzerkennungsmethoden dar.

5.3.1.1 Aktivitätenmonitoring

Beim Aktivitätenmonitoring kommen meist hierarchische Modelle zum Einsatz. Diese setzen sich aus mehreren Ebenen zusammen:

- Aktionsprimitive
- Aktionen
- Aktivitäten

Die Aktionsprimitive stellen die kleinsten nicht weiter zerlegbaren Einheiten dar. Viele dieser Primitive ergeben eine Aktion und diese bilden dann die Aktivitäten. Zuerst müssen die Personen als solche erkannt und vom Hintergrund getrennt werden. Die erkannten Aktivitäten werden anhand eines Abgleichs mit einer Datenbank klassifiziert (Spehr et al. 2009, S. 927).

5.3.1.2 Lokalisation

„Zunächst wird die Person im 2D Bild erkannt. Die erkannte Person wird dann anhand der Annahme, dass die Person Kontakt zur Bodenebene hin hat, im Raum lokalisiert“. Um den genauen Aufenthaltsort der Person im Raum zu bestimmen muss eine Kalibration erfolgen, um die dritte Dimension zu rekonstruieren, welche bei einer Aufnahme mit einer einzelnen Kamera nicht erfasst werden kann. (Spehr et al., 2009, S. 927f).

5.3.1.3 Verhaltensmuster

Bei diesem Ansatz geht es darum, bestimmte Bewegungsabfolgen die kontextabhängig sind und in einer bestimmten vorhersehbaren Weise und Reihenfolge absolviert werden, zu klassifizieren. Die sich wiederholenden Muster werden genutzt um die Stürze zu erkennen (Spehr et al., 2009, S. 928).

5.3.1.4 Erkennen von Anomalien und Stürzen

„Zunächst wird die Person mit einer Standard- Vordergrund- Hintergrund- Segmentierung im Bild detektiert. Anschließend wird ein umschließendes Rechteck um die Person gelegt. Das Verhältnis von Höhe und Breite dieses Rechtecks wird als Merkmal zur Sturzerkennung verwendet. Abrupte Änderungen dieses Verhältnisses wird als Sturz interpretiert“ (Spehr et al., 2009, S. 928).

Spehr et al. (2009, S. 933 - 936) geben folgende Probleme an, die sich unter realen Bedingungen im häuslichen Umfeld im Zusammenhang mit einer visuellen Erfassung von Alltagsbewegungen ergeben haben:

- Kleidung: weit geschnittene Kleidungsstücke, Röcke und Schürzen, sowie blasser Farben erschweren eine Segmentierung
- Gehhilfen: die Ganganalyse wird erschwert da die Beine verdeckt werden oder die Hilfsmittel als Bein verkannt werden
- Spiegelungen: glatte Böden, Spiegeltüren und Küchenfronten bereiten Probleme bei der Segmentierung
- Verdeckungen: treten auf wenn die Person direkt unter der Kamera steht oder durch Einrichtungsgegenstände
- Hintergrundmodell: beim Betreten von Räumen in Kombination mit dem Einschalten einer Lichtquelle muss das Hintergrundmodell rasch an die Änderungen adaptiert werden

- Mehrere Benutzer: vor allem, wenn mehrere Personen dicht nebeneinander stehen ergeben sich Probleme
- Haustiere: besonders große Tiere (Hunde) erschweren die Unterscheidung zu am Boden liegenden Personen
- Beleuchtung: die verschiedensten Beleuchtungssituationen von Tageslicht über Glühbirnenlicht, unterbeleuchtete Stellen usw. erschweren die Erkennung

In diesem Bereich der Sturzerkennung liegt viel Potential, wobei aber noch einige Probleme gelöst werden müssen.

In den Abbildungen (20) werden exemplarisch vier Beispiele zu den vorher beschriebenen Problemen gezeigt.



Abbildung 20: Herausforderungen der Personenerkennung im häuslichen Umfeld (Spehr et al., 2009, S. 935).

In den oberen zwei Bildern sind die Verdeckung und die hintergrundähnliche Bekleidung erkennbar. In den unteren Bildern sind einmal das Beleuchtungsproblem und einmal die Schwierigkeit der Trennung mehrerer Personen abgebildet.

In der Publikation von Steinhage et al. (2011, S.44) finden sich unter anderem auch angesprochene Problempunkte die in der Langzeitstudie von Spehr et al. angeführt wurden.

- Problematik bei schlechten oder veränderlichen Lichtverhältnissen
- Tote Winkel die durch Einrichtungsgegenstände erzeugt werden
- Kleidung die sich nicht genügend vom Hintergrund abhebt
- Privatsphäre durch Kameras in allen Räumen (WC, Badezimmer) gestört
- Kosten
- Sichtbar, nicht wirklich in die Umgebung zu integrieren

5.3.2 Soundbasierte Methoden

In den letzten Jahren werden zunehmend auch die Möglichkeiten der Sturzerkennung über Geräusche genutzt und erforscht. Popescu et al. (2008, S. 4628ff) beschreiben in ihrer Arbeit die Möglichkeiten und Grenzen der akustischen Sturzerkennung.

5.3.3 Intelligente Böden

Ein Beispiel für einen intelligenten Boden zeigen Rimminen et al. (2010, S. 1475) welche die sogenannte Near Field Imaging Technologie (NFI) einsetzen um Stürze zu eruieren. Es handelt sich im Prinzip um eine kapazitive Technologie, die sehr robust aber dennoch berührungsempfindlich ist. Die dadurch bedingte geringe Auflösung stellt aber noch Probleme dar.

Eine weitere Möglichkeit der Sturzerkennung sind druckempfindliche Messsensoren die unter einem Bodenbelag angebracht werden. Diese ortsabhängige Erkennungsmethode ist im Förderprogramm der Ambient Assisted Living Association enthalten. In Abbildung 21 ist der Sturzerkennungsteppich zu sehen.



Abbildung 21: Sturzerkennungsteppich „SensFloor®“ (Steinhage et al., 2011, S. 42).

Die Kontaktfläche Boden wird mit einem Raster aus kapazitiven Sensoren überzogen und ermöglicht dadurch, eine orts- und zeitaufgelöste Abfolge von Signalen, wenn Personen über den Boden gehen. Diese Informationen werden dann an eine Zentrale gesendet und ausgewertet. So können nicht nur Stürze erkannt werden, sondern der intelligente Boden kann auch zum Einschalten von Licht verwendet werden. Durch Mustererkennung und Berechnungen von Bewegungsvektoren können unterschiedlichste Situationen erkannt werden. In Abbildung 22 ist die Funktionsweise des Teppichs gut ersichtlich (Steinhage et al., 2011, S. 42ff).

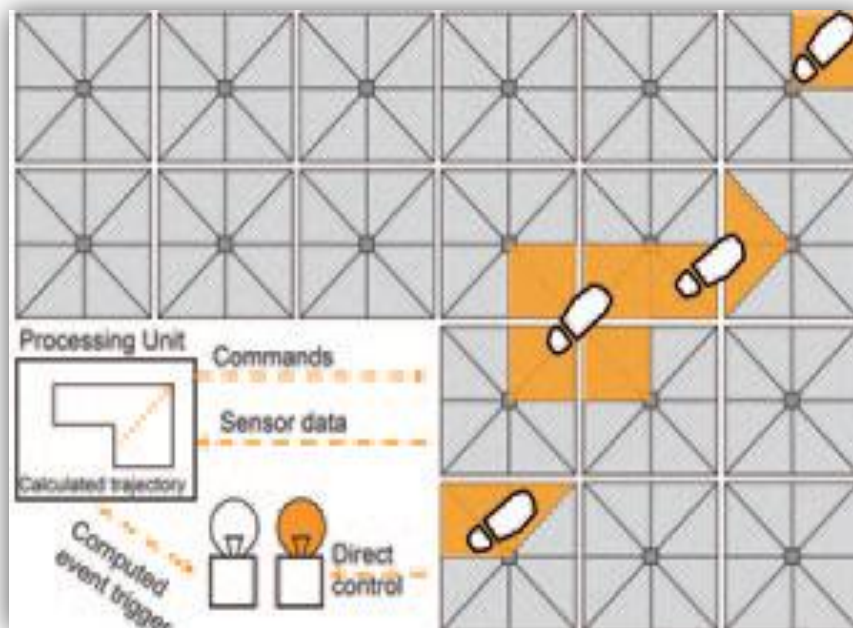


Abbildung 22: Funktionsweise des „intelligenten Bodens“ (Steinhage et al., 2011, S. 42).

Diese Mehrfachfunktion, gepaart mit seiner totalen Integrierbarkeit kommt dem Grundgedanken von ALL sehr nahe. Das Einschalten von Licht, oder wenn jemand vom Bett aufsteht kann gleichzeitig auch sturzprophylaktischen Charakter haben.

Nachteile von Sensoriken die in der Wohnumgebung zum Einsatz kommen:

Ein Nachteil sind laut Garlipp et al. (2008, S. 8) die erheblichen Umbaumaßnahmen bei einer Nachrüstung der Wohnung, und im Falle eines Neubaus besteht oft die Angst, dass „Hochsicherheitswohnungen“ nicht entsprechend vermietet werden können.

Garlipp et al. (2008, S. 19) fanden auch heraus, dass es durch den vermehrten Gebrauch von AAL- Anwendungen zu einer Vereinsamung von älteren Personen kommen kann, vor allem dann, wenn die Überwachung gut funktioniert. Dies ist auch eine Angst die die Anwendergruppe hat. Denn die Pflege zwischenmenschlicher Beziehungen ist auch im Alter wesentlich.

5.4 Evaluierung von Sturzerkennungsmethoden

Es gibt sehr wenige Untersuchungen, wo Sturzerkennungseinheiten zum Einsatz kommen, in denen eine Evaluierung von Daten auch mit Stürzen älterer Personen vorliegt. Wenn Untersuchungsmaterial vorhanden ist, kann dieses aufgrund von fehlender Beschreibungen über den Sturzhergang oft nicht eindeutig zugeordnet werden.

Klenk et al. (2011, S. 368) beschreiben in Ihrer Untersuchung genau diese Problematik. In ihrer Arbeit verglichen sie Beschleunigungsdaten von simulierten (18 gesunde Studenten) Rückwärtsstürzen mit Daten von Stürzen bei älteren Personen, die tatsächlich gestürzt waren. Sie kamen zu der Erkenntnis, dass simulierte Stürze auf Matten wenig mit echten Stürzen zu tun haben. Die Beschleunigungsdaten unterschieden sich signifikant voneinander. Bei einem Experiment, bei der sie die Sturzsimulation so durchführten, dass sich die Studenten nicht einfach fallen ließen, sondern den Rückwärtssturz aus einer leichten Rückwärtsschräglage verhindern sollten brachten ebenfalls Unterschiede. Die aufgezeichneten Werte waren aber deutlich höher als bei den „echten Stürzen“.

Die Autoren schlossen daraus, dass es einen wesentlichen Unterschied ausmacht, ob der Sturz verhindert werden will, oder ob man sich einfach fallen lässt. Das heißt, bei der Simulierung von Stürzen sollte dies Beachtung finden. Sie schlagen sogar vor, den Probanden Videoaufzeichnungen von echten Stürzen älterer Personen zu zeigen, um eine Vorstellung von derartigen Unfällen zu bekommen.

Bourke et al. (2008, S. 64) führen zur Problematik der Überprüfung von Aktivitäten des täglichen Lebens mit älteren Personen an, dass diese oft nicht über die nötige Kontrolle der Ausführungsgeschwindigkeit bei der Verrichtung alltäglicher Dinge verfügen und sich somit nicht mit den Daten jüngerer Personen decken. In Ihrer Arbeit wird nur ein Gyroskop zur Detektion eingesetzt. Die Begründung hierfür ist, dass oft eine Kombination aus zwei verschiedenen Sensoren (Beschleunigungsaufnehmer und Winkelmesssensor) zum Einsatz kommt. Falls nun ein Sensor ausfallen würde oder das Zusammenspiel gestört wird, kann eine Erkennung nicht mehr erfolgen. Wenn zwei Messsensoren zur Anwendung kommen, dann sollten beide unabhängig arbeiten und einer zur Redundanz dienen.

Eine weitere Problematik sind fix verwendete Schwellwerte, schreiben Noury et al. (2008, S. 341). Sie geben interindividuelle Unterschiede von Personen zu bedenken. Sogenannte Lernphasen könnten hier eventuell Abhilfe schaffen. Diese Lernperiode könnte einerseits unter Aufsicht erfolgen, in der diverse Alltagsaktivitäten durchgeführt werden, oder andererseits unbeobachtet, indem die gefährdeten Personen über eine gewisse Zeit die Sensorik zur Aufzeichnung von Daten benutzen, um im Anschluss einer statistischen Analyse unterzogen zu werden. Die Schwellwerte könnten so auf die jeweiligen Personen eingestellt und die Fehlalarme reduziert werden.

Im Experiment sollte eine nahezu 100 prozentige Erreichung der Spezifität und der Sensitivität angestrebt werden. Bourke et al. (2008, S. 28f) konnten bei der Evaluierung ihrer Sturzerkennungssysteme diese geforderten Vorgaben erreichen.

Wenn derartige Systeme dann aber von der Zielgruppe verwendet werden, kommt es meist zu einem enormen Verlust der Leistungsfähigkeit (Milhailidis, 2005, S. 194; Noury et al., 2003, S. 3286).

Dies wirft die Frage auf, welche Anforderungen Sturzerkennungssysteme haben sollten?

5.5 Anforderungen an Sturzerkennungssysteme

An der Hochschule Ulm läuft seit 2010 ein Projekt mit dem Namen "Sturzalarm", bei dem ein tragbares Gerät zur Sturzerkennung zum Einsatz kommt. Ziel ist ein möglichst kleines und komfortables Gerät, welches Tag und Nacht getragen werden kann, zu entwickeln. Keck (2010, S. 13) meint, beziehend auf die Anforderungen der automatischen Sturzerkennung, folgende Punkte berücksichtigen zu müssen:

1. Hohe Sensitivität
2. Hohe Spezifität
3. Das Verletzungsrisiko darf durch die Benutzung (Tragen) des Systems nicht steigen
4. Des Weiteren fordern die Autoren, dass auch ein Tragen in der Nacht möglich sein muss, da ca. 30 Prozent der Stürze in der Nacht erfolgen
5. Die Bedienung und die Handhabbarkeit müssen so einfach wie möglich sein
6. Die Platzierung sollte an einer Körperstelle vorgenommen werden, die sich bei der Aktivität im Raum nur wenig bewegt

Von Noury et al. (2008, S. 344-347) wird vorgeschlagen, ein standardisiertes Protokoll zur Testung und Evaluierung von Sturzerkennungssystemen zu verwenden um Vergleiche hinsichtlich Sturzerkennungsrate und der Abgrenzung zu den Aktivitäten des täglichen Lebens unterschiedlicher Systeme zu erlauben. Um Klarheit zu verschaffen schlagen die Autoren folgende Vorgehensweise vor:

- 1) true positiv (TP): Ein Sturz passiert und der Detektor identifiziert diesen auch als Sturz
- 2) false positiv (FP): Die Sensorik detektiert einen Sturz welcher aber nicht stattgefunden hat
- 3) true negative (TN): Während einer Alltagsbewegung (kein Sturz) wird auch vom Falldetektor kein Fall gemeldet
- 4) false negative (FN): Ein Sturz ereignet sich, wird aber nicht als solcher identifiziert

Zwei Kriterien sollten zur Evaluation der vier möglichen Situationen herangezogen werden:

- 1) Die Sensitivität, welche die Leistung des Sturzerkennungssystems, einen Sturz zu erkennen, widerspiegelt

Sensitivität = ———

- 2) Die Spezifität gibt das Leistungsvermögen der Sensorik an, nur den Sturz zu detektieren und keine sonstigen Aktivitäten

Spezifität = ———

Zur Vergleichbarkeit von unterschiedlichen Erkennungssystemen, hinsichtlich der Sensitivität und der Spezifität, wird von den Autoren Noury et al. (2008, S 345f) folgendes Protokoll (Tabelle 3) von Sturzscenarien und Aktivitäten des täglichen Lebens eingesetzt und vorgeschlagen:

Kategorie	Art	Bewertung
Rückwärtiger Sturz	Endposition sitzend	positiv
	Endposition liegend	positiv
	Endposition seitlich	positiv
	wieder Aufstehen	negativ
Sturz vorwärts	auf den Knien	positiv
	mit Armprotektion	positiv
	liegende Endposition	positiv
	mit Rotation, Endposition rechts liegend	positiv
	mit Rotation, Endposition links liegend	positiv
	wieder Aufstehen	negativ
Sturz seitlich rechts	flach liegend	positiv
	wieder Aufstehen	negativ
Sturz seitlich links	flach liegend	positiv
	wieder Aufstehen	negativ
Synkope	vertikales entlang gleiten an der Wand, Endposition sitzend	negativ
ATL	Hinsetzen auf einen Sessel und wieder Aufstehen	negativ
	Hinlegen auf ein Bett und wieder Aufstehen	negativ
	Gehen	negativ
	etwas vom Boden aufheben	negativ
	Husten und Niesen	negativ

Tabelle 3: Protokollvorschlag zur Vergleichbarkeit von Sturzerkennungssystemen (Noury et al., 2008, S. 347)

Welche Qualitätskriterien sollten bei der Evaluierung der Sensorik noch Beachtung finden? In meiner Arbeit soll der Vorschlag von Noury et al. (2008, S 345f) als roter Faden dienen. Die Autoren meinen, dass zum erfolgreichen Einsatz eines Systems folgende Bedingungen unbedingt Beachtung finden sollten, um Akzeptanz zu finden:

Die Benutzerfreundlichkeit hängt laut Noury et al. (2008, S 346) von der Autonomität, der Reichweite und der Konfektionierung ab. Bei der Verpackung spielt das Material eine entscheidende Rolle und zwar die Hautverträglichkeit und das Verletzungsrisiko. Unter der Reichweite ist der maximale Interventionsradius einer Person zu verstehen, so dass die Erkennungseinheit noch Kontakt hat. Unter der Autonomie verstehen die Autoren jenen Zeitfaktor der benötigt wird, um die Sturzerkennungsgeräte am Laufen zu halten (Stromversorgung, Batteriewechsel, aufladen von Akkumulatoren). Ein weiterer Punkt den die Autoren zu bedenken geben ist jener, dass eine versteckte Sensorik, sei sie am Körper getragen oder auch in der Wohnung der Betroffenen installiert, weniger Zustimmung finden als Sensoriken die in der Kleidung beziehungsweise in der Wohnumgebung unsichtbar angebracht sind.

Zur Evaluierung schlagen Noury et al. (2007, S.1665) vor, dass ein Sturzparcours von jeder Probandin/ jedem Probanden mindestens drei Mal durchlaufen werden sollte. Bei den von ihnen vorgeschlagen Kategorien (10 Stürze/10 Alltagsaktivitäten) ergibt das 60 Datensätze. Ein aussagekräftiges Ergebnis kann ab 10 Personen erwartet werden. Da es aus ethischen Gründen nicht möglich ist ältere Personen stürzen zu lassen, sollten in abschließenden Testphasen aber zumindest die Alltagsaktivitäten von Ihnen durchgeführt werden.

6 Zusammenfassung der Erkenntnisse

Die entsprechende Erkennungsmethode sollte unter Ausschöpfung der präventiven Maßnahmen zur Sturzprophylaxe und einer ausführlichen Sturzanamnese durch ein multiprofessionelles Team ausgewählt werden. Zur Verdeutlichung ein Beispiel aus meiner langjährigen Erfahrung im Pflegedienst. Das Tragen von sogenannten Notfalluhren um das Handgelenk ist von sehr vielen pflegebedürftigen Personen akzeptiert und sehr leicht und unkompliziert im Handling. Dies könnte zur automatischen Sturzdetection genutzt werden, wenn auch bekannt ist, dass sich der Unterarmbereich nicht unbedingt als günstiger Platzierungsort erwiesen hat. Hier müssten die Vor- und Nachteile auf die Person und die Gegebenheiten abgestimmt werden, um den best möglichen Nutzen zu erzielen.

Schlussfolgerung: Kein System für sich alleine wird den Durchbruch bringen. Gietzelt et al. (2010, S. 429f) schreiben hierzu, dass zum Zweck der Redundanz mehrere Sensoriken zum Einsatz kommen sollten. Eine problemlose Erweiterung muss ebenfalls in Betracht gezogen werden. Die Autoren selbst setzten in ihrer Arbeit einen Beschleunigungssensor und ein kamerabasiertes System zur Sturzerkennung ein. Um die Erkennungsrate zu erhöhen wurden die zwei Einzelsysteme zu einem Gesamtkonzept fusioniert. Dadurch kam es zu einem Stabilitätsgewinn durch Redundanz und das Gesamtsystem arbeitete in „schwierigen Situationen“ zuverlässiger als die beiden Einzelsensoriken.

Eine Kombination aus verschiedensten Systemen sollte meiner Meinung nach in Zukunft zum Erfolg führen. Jede Erkennungssensorik hat seinen berechtigten Einsatzbereich. Das Ziel muss es sein, bestmöglichen Komfort mit höchstmöglicher Sicherheit zu bieten. Wearable Sensoren können ebenfalls einen Lösungsansatz bieten, da jeder bekleidet sein möchte und nicht extra Sensoren angelegt werden müssten.

Noury et al. (2007, S. 1666) sehen die Zukunft in einer weiteren Miniaturisierung mit der gleichzeitigen Einbindung der Sensorik in zum Beispiel Kleidungsstücken. Die Systeme müssen ohne das Zutun von den Nutzern vollautomatisch funktionieren. Da der Sturz sehr komplex ist, werden einfache Schwellwertkonzepte nicht ausreichen um eine breite Akzeptanz zu finden

Der Umstand, dass Sturzerkennungssysteme meist nur von jungen ProbandInnen getestet werden ist als unzureichend zu bezeichnen meinen Bourke et al. (2007, S. 195). Die Forscher bringen als Beispiel das Hinsetzen auf einen Sessel, das von älteren Personen oft nicht mehr kontrolliert stattfindet, sondern eher einem sich in den Sessel fallen lassen, gleichkommt. Daher ist es unerlässlich, Falldetektoren zur Überprüfung der Funktion auch von der Zielgruppe prüfen zu lassen.

Die Gruppe rund um Bourke gibt zu bedenken, dass der Aufprall auf Matten ebenfalls anders zu bewerten sei, als auf „normalen“ Böden. Hier könnten Untersuchungen mit Dummies neue Erkenntnisse bringen (Bourke et al., 2007, S. 198).

B Empirischer Teil

Im empirischen Abschnitt werden die Anwendungsmöglichkeiten und die -grenzen, sprich die Stärken und Schwächen, einer um die Hüfte getragenen Sturzerkennungseinheit beschrieben. Der Falldetektor der Firma Spantec GmbH wurde für die Untersuchung herangezogen, da eine Kooperation mit der Universität Wien, Abteilung für Biomechanik/ Bewegungswissenschaft und Sportinformatik besteht. Die Erhebung der Grenzen eines Systems sind notwendig, um für den Kunden ein geeignetes Tool zu finden. Aus der Vielzahl von Sturzerkennungsmöglichkeiten, wäre somit den individuellen Bedürfnissen Rechnung getragen. Nur wenn diese individuelle Abstimmung erfolgen kann, wird die Anwenderakzeptanz aufgrund von guter Funktionalität hoch sein und das Produkt Zustimmung finden.

Für den praktischen Teil wurden im Rahmen dieser Arbeit 3500 Daten von Stürzen und Aktivitäten des täglichen Lebens (ATLs) aufgezeichnet. Diese Informationen wurden einerseits genutzt um den neu überarbeiteten Sturzalgorithmus zu evaluieren sowie Daten für spätere weiterführende Untersuchungen zu sammeln und andererseits um die Anwendungsgrenzen die sich bei getragenen Sturzerkennungseinheiten ergeben, zu beschreiben. Die Erstversion der automatischen Sturzerkennungseinheit wurde von der Firma Spantec um ein Gyroskop erweitert und die Schwellwerte adaptiert um die sensitive Leistung sowie die Spezifität des Detektors zu verbessern.

Im ersten Kapitel des praktischen Teils werden das verwendete Material und die Methoden dargestellt.

1 Material und Methoden

Die Beschleunigungs- und die Gyroskopwerte wurden mit der Sturzsensoren der Firma Spantec GmbH (Spantec's Fall Detection Device v2) aufgezeichnet. Zum Vergleich des ursprünglich eingesetzten Algorithmus und der erweiterten und überarbeiteten Version wurde auch das Vorgängermodell (Spantec's Fall Detection Device v1) zur Untersuchung eingesetzt. Die verwendete Hardware v1 und v2 ist für die wissenschaftliche Untersuchung in der gleichen Gehäuseform untergebracht. In Abbildung 23 ist der Falldetektor zu sehen.



Abbildung 23: Spantec's Fall Detection Device v2 (FDDv2)

Ein dritter Sensor der dem Falldetektor v1 entsprach, aber in einer anderen Gehäuseform untergebracht war, wurde ebenfalls zu Evaluierungszwecken herangezogen. Das Gehäuse war in seinen Abmessungen (Breite und Länge) etwa halb so groß wie die abgebildete neue Version, die Bauhöhe aber etwas größer.

Ein in Anlehnung an die Empfehlungen von Bourke et al. (2008, S. 347) ausgearbeiteter Parcours wurde von freiwilligen ProbandInnen absolviert. Der Parcours wird in Kapitel 1.2 näher beschrieben.

Die Sturzscenarien und Alltagsaktivitäten wurden von den Testpersonen in fünf Durchgängen absolviert. Beim ersten Durchlauf wurden die Stürze direkt und mit sofortigem Feedback erfasst, beziehungsweise sollten die vorgegebenen Aktivitäten des täglichen Lebens nicht als Fall detektiert werden. Im ersten Durchlauf kamen alle zuvor beschriebenen Sensoren zum Einsatz, das heißt die TesterInnen hatten gleichzeitig drei Sturzerkennungseinheiten um die Hüfte angelegt bekommen. In den weiteren vier Durchgängen bekamen die teilnehmenden Personen nur mehr zwei Erkennungseinheiten (neue Bauform) um die Hüfte, wobei hier nur die Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeitsdaten aufgezeichnet und den vorgegebenen Kategorien, Stürze beziehungsweise Aktivitäten des täglichen Lebens, zugeordnet wurden. Der zweite Detektor diente nur als Sicherheit, da es manchmal vorkam, dass es beim Aufzeichnen oder Auslesen zu einem Verlust der Daten kam.

Die TeilnehmerInnen wurden nach der Aufklärung über den bevorstehenden Sturzparcours mit den Falldetektoren der oben genannten Firma im Hüftbereich versorgt. Das Anlegen des automatischen Sturzerkennungsdetektors mit eigenem Gürtel ist in der

nächsten Abbildung (24) dargestellt. Das Schließen des Druckknopfes am Hüftgurt löst gleichzeitig den Einschaltmechanismus aus und stellt die Einheit in den Betriebsmodus. Dies funktioniert durch einen Magnetschalter der im Bereich des Druckknopfes untergebracht ist und die Einschaltung mit einem haptischen Signal rückmeldet. Das bringt den Vorteil, dass das Anlegen der Einheit mit einem gleichzeitigen Einschalten einhergeht und ein verdrehtes Anlegen der Unit ausgeschlossen wird.



Abbildung 24: Anlegen der Sturzerkennungseinheit an den ProbandInnen

1.1 Probandenkollektiv

An vier Tagen wurden 20 gesunde ProbandInnen (14 männliche und 6 weibliche) der wissenschaftlichen Untersuchung unterzogen. Die Voraussetzungen sind so gewählt gewesen, dass die zu erwartenden Risiken für die beteiligten Personen möglichst gering waren. Ausgeschlossen wurden Schwangere, chronisch Kranke und Personen die Einschränkungen des Bewegungsapparates aufwiesen. Weiters wurde auf eine möglichst große Bandbreite der teilnehmenden Personen geachtet um mögliche Einflüsse, bezüglich des Gewichts und der Größe, auf die Sturzsensorik sichtbar zu machen. Das durchschnittliche Alter lag bei 29,3 Jahren, wobei die jüngste Teilnehmerin 22 Jahre alt war und der älteste Teilnehmer ein Alter von 37 Jahren aufwies. Die Größe lag im Durchschnitt bei 176 cm, der Minimalwert bei 159 cm und das Maximum bei 188 cm. Im Mittel brachten die ProbandInnen eine Masse von 70,2 kg auf die Waage. Die Range bei der Masse lag zwischen 50 und 87 kg.

In Tabelle 4 sind die Mittelwerte, Standardabweichungen sowie die Bandbreite in übersichtlicher Form abzulesen.

	Alter	Größe	Masse
Mittelwert	29,3 Jahre	176 cm	70,2 kg
Standardabweichung	4,1 Jahre	8,7 cm	11,4 kg
Maximum	37 Jahre	188 cm	87 kg
Minimum	22 Jahre	159 cm	50 kg

Tabelle 4: Alter, Größe und Masse der ProbandInnen

1.2 Allgemeiner Versuchsaufbau und Ablauf

Der Parcours bestand aus unterschiedlich nachgestellten Stürzen und Aktivitäten des täglichen Lebens, die in Tabelle 5 auf der nächsten Seite nachzulesen sind. Der Ablauf erfolgte in der angegebenen Reihenfolge. Die Stürze, welche im Biomechaniklabor der Universität Wien am Zentrum für Sportwissenschaft durchgeführt wurden, sind in der Tabelle rot gekennzeichnet, die Alltagsaktivitäten grün. Die TeilnehmerInnen erhielten zu

Beginn nur eine Einführung um den Gesamtablauf einmal gesehen zu haben. Es gab aber keinerlei Anweisungen wie „genau“ zu Stürzen sei. Bei den Stürzen 1-8 (siehe Tabelle 5) gab es lediglich die Aufforderung, dass der erste Impact mit den Knien zu erfolgen hat. Beim Sturz „fall and strike against the wall“ kamen dadurch unterschiedlichste Endpositionen zu Stande. Manche Testpersonen beendeten den Fall mit einer aufrechten Oberkörperposition und andere lagen in der Waagerechten am Boden. So ergaben sich einige Variationen die vielleicht so nicht berücksichtigt worden wären.

Kategorie		Kategorie	
1	fall forwards (fall)	13	jump from chair
2	fall forwards, knee (fall)	14	sit down (chair)
3	fall left (fall)	15	chair left (fall)
4	fall left, knee (fall)	16	get on the knees
5	fall right (fall)	17	sit down (sofa)
6	fall right, knee (fall)	18	slip down from sofa (fall)
7	fall backwards (fall)	19	lay down (sofa)
8	fall backwards, bended knees (fall)	20	bed (fall)
9	faint (fall)	21	lying
10	walking	22	fall and strike against wall (fall)
11	walking over a stepper	23	running
12	pick something up	24	fall and trying to prevent fall (fall)

Tabelle 5: Stürze und Aktivitäten des täglichen Lebens

Ausgangspunkt des Sturzparcours war ein 46 x 37 und 25cm hohes Holzpodest, von dem sich die TeilnehmerInnen auf einen Weichboden fallen ließen (fall 1-8, Tabelle 5). Die

Fallinitiierung erfolgte durch die ProbandInnen selbst, indem sie ihren Körper langsam in die angegebene Fallrichtung bewegten. Es war den Stürzenden freigestellt die Arme als „Bremse“ einzusetzen oder nicht. Bei den Stürzen zur Seite ist anzumerken, dass nur im ersten der fünf Durchgänge zu beiden Seiten gestürzt wurde. Ab der zweiten Runde wurden nur mehr Stürze zur linken Seite simuliert. Den Abschluss der Sturzserie auf dem Weichboden stellte jeweils ein nachgestellter Ohnmachtsanfall (9 faint, Tab. 5) dar, bei dem die Versuchspersonen den Auftrag bekamen, ein in sich Zusammensacken nachzustellen. In weiterer Folge spazierten sie ca. 5-6m durchs Labor (10 walking, Tab. 5) und anschließend über einen Stepper (11 walking over a stepper, Tab. 5) der eine Höhe von 20 cm aufwies, um nach ein paar weiteren Schritten ein Tuch vom Boden aufzuheben (12 pick something up, Tab. 5). Weiter ging es zu einem Sessel mit einer Sitzhöhe von 44 cm auf den die TeilnehmerInnen aufstiegen und wieder hinuntersprangen (13 jump from chair, Tab. 5). Im Anschluss setzten sich die Testpersonen auf den Sessel nieder (14 sit down chair, Tab. 5). Nach dem Sitzen bekamen sie den Auftrag seitlich vom Sessel zu fallen (15 chair left fall, Tab. 5), wieder aufzustehen, sich hinzuknien (16 get on the knees, Tab. 5), aufstehen und sich gemütlich auf das Sofa hinzusetzen (17 sit down sofa, Tab. 5). Danach rutschten die ProbandInnen an die Kante des Sofas um von dieser abzurutschen und sitzend oder liegend auf der Matte zu enden (18 slip down from sofa, Tab. 5). Nach dem Aufstehen war die nächste Anweisung, sich auf das Sofa hinzulegen (19 lay down sofa, Tab. 5) um nach kurzer Rast von der Couch auf die Matte zu stürzen (20 bed fall, Tab. 5). Auf der Matte drehten sich die Gestürzten von einer Seite zur anderen und wieder retour (21 laying, Tab. 5). Vor dem Loslaufen durch das Labor (23 running, Tab.5) ließen sich die StudienteilnehmerInnen an eine Wand fallen, um an dieser abzurutschen und wahlweise in sitzender oder liegenden Position zu enden (22 fall and strike against wall, Tab. 5). Den Abschluss des Parcours bildete ein Stolpersturz, mit der Aufforderung diesen abzufangen um dann aber trotzdem auf der Matte zu liegen zu kommen (24 fall and trying to prevent Fall, Tab. 5).

1.2.1 Sturzparcours

In Abbildung 25, auf der nächsten Seite ist der Sturzparcours schematisch dargestellt. Unter der Abbildung finden sich die benötigten Materialien beziehungsweise die Abmessungen dieser. Der Parcours wurde an drei Tagen im Biomechaniklabor der Abteilung für Biomechanik/ Bewegungswissenschaft und Sportinformatik am Zentrum für Sportwissenschaft an der Universität Wien aufgebaut. Die TeilnehmerInnen absolvierten

die programmgemäße, mit Aufgaben bestückte „Hindernisbahn“, in fünf Durchgängen die gleich hintereinander durchgeführt wurden.

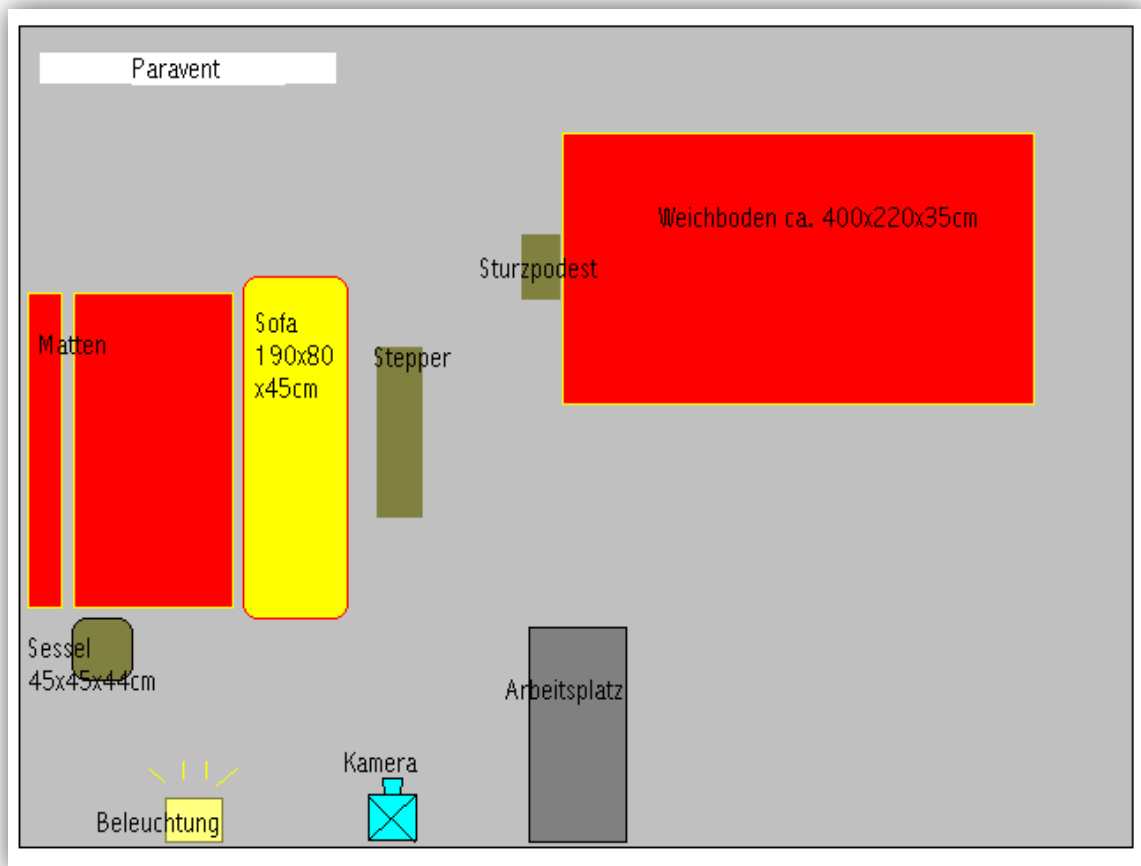


Abbildung 25: schematische Darstellung des Parcours

Liste der benötigten Materialien:

- Weichboden (400x200x35 cm)
- Sturzpodest aus Holz (46x37x25 cm)
- Stepper (36x90x20 cm)
- Sofa (190x80x45 cm)
- Sessel (45x45x44cm)
- Matten (180x90x6 cm)
- 2x Apple Notebook
- Beleuchtung, Halogenstrahler (500 Watt)
- Arbeitsplatz
- Sturzerkennungseinheiten der Firma Spantec

1.3 Datenaufnahme

Die Datenaufnahme erfolgte mittels Sturzerkennungseinheiten der Firma Spantec, die im Bereich der Hüfte angelegt wurden.

Bourke et al. (2007, S. 198) konnten zeigen, dass Beschleunigungsdaten im Bereich des Körperschwerpunktes gute Ergebnisse zur Sturzklassifizierung bringen.

Die Größe des Sturzdetectors beträgt 67x45x19mm, die Masse liegt bei 68g. Bevor die TeilnehmerInnen am Sturzpodest Aufstellung nahmen wurde die Videoaufzeichnung mittels Webcam an einem Laptop der Firma Apple gestartet. Danach wurden die Sturzdetectoren in den Aufnahmemodus gestellt und die Synchronisation für die spätere Verarbeitung der Video- und Beschleunigungsdaten konnte erfolgen. Zu dieser Abstimmung mussten die Beteiligten drei Mal mit einer ausladenden Handbewegung auf die Sturzsensoren klopfen. Dies wurde pro Durchlauf einmal durchgeführt. Die ProbandInnen durften die einzelnen Stürze und Aktivitäten nur auf Kommando ausführen, da die Daten gleich elektronisch „mitgelabelt“ wurden. Das heißt, dass die Aktivitäten und Stürze für die Weiterverarbeitung gleich den richtigen Kategorien zugeordnet wurden.

Pro Durchgang und Person wurden somit 14 Stürze und 10 Alltagsaktivitäten aufgezeichnet. Insgesamt konnten so 1848 Datensätze gespeichert werden, wobei anzumerken ist, dass eine Probandin den Parcours nur einmal durchlaufen hat. Die Summe setzt sich aus 1078 Sturzdaten und 770 Alltagsaktivitäten zusammen, die in Tabelle 6 dargestellt sind.

	Stürze	Alltagsaktivitäten
pro Durchgang	14	10
pro Person	56	40
gesamt	1078	770

Tabelle 6: aufgezeichnete Datensätze

Für die weitere Verarbeitung wurden die Stürze und Alltagsaktivitäten wie sie in Tabelle 5 auf Seite 60 dargestellt sind, weiter unterteilt (on-line und off-line). Bei der sogenannten on-line Erhebung wurde der Sturzsensoren so eingesetzt, wie ihn die Nutzer im zukünftigen

Gebrauch anwenden sollen. Das heißt, nach jeder Aktivität wurde kurz abgewartet ob die Erkennungseinheit einen Sturz erkannte oder nicht.

In Tabelle 7 sind die Stürze sowie die Aktivitäten des täglichen Lebens aufgelistet, anhand der die Daten schlussendlich ausgewertet worden sind. Die Stürze zur rechten Seite wurden nur im on-line Modus durchgeführt. Aufgrund der erkannten Problematik von Stürzen die in aufrechter Oberkörperposition endeten, wurden diese weiter unterteilt und nur im off-line Betrieb berücksichtigt. In der Tabelle sind diese Stürze mit „upright“ gekennzeichnet.

List of Activities		
Falls	Fall forwards	
	Fall forwards, knees first	
	Fall to the left	
	Fall to the left, knees first	
	Fall to the right	on-line only
	Fall to the right, knees first	on-line only
	Fall backwards	
	Fall backwards with bended knees	
	Faint	
	Fall from chair to the left side	
	Fall from chair to the left side (upright)	off-line only
	Slip down from sofa	
	Slip down from sofa (upright)	off-line only
	Fall from bed	
	Strike against sth. and slip down	
	Strike against sth. and slip down (upright)	off-line only
	Fall while trying to prevent the fall	
ADLs	Stand up	off-line only
	Sit down (chair)	
	Sit down (sofa)	
	Lay down (sofa)	
	Lying	off-line only
	Turn around while lying	
	Walking	
	Running	
	Walk over a view steps	
	Jump from a chair	
	Get on the knees	
	Pick up sth.	

Tabelle 7: Übersicht der ATLs und Stürze im on-line sowie im off-line Modus

In Tabelle 8 sind die Eckdaten der on-line Erhebung angeführt. Die Daten werden in der on-line Sturzsimulation nicht aufgezeichnet. Die Ereignisse wurden in eine einfache Liste eingetragen, nach dem Motto ausgelöst oder nicht ausgelöst. Die Anzahl der Sturzereignisse und der Alltagsaktivitäten die richtig erkannt worden sind und jene die falsch detektiert wurden sind dann im Anschluss zur Berechnung der Leistungsfähigkeit der jeweiligen Sensorik herangezogen worden.

On-line evaluation experiments	
Participants	20
ADLs	201
ADL types	10
Falls	281
Fall types	14
Runs	20

Tabelle 8: Eckdaten des on-line Experiments

Bei der off-line Erhebung wurden nur die Rohdaten des Beschleunigungsaufnehmers sowie die Werte des Neigungswinkelmessers mit 100Hz auf eine sd-Karte in der Sturzerkennungseinheit geschrieben und nach jedem Durchgang des Sturzparcours ausgelesen. Diese Rohdaten wurden im Anschluss mit den Schwellwerten des Sturzalgorithmus verglichen. Somit stehen die erhobenen Werte für spätere Versuche zur Verfügung. In Tabelle 9 sind die Kenndaten zur off-line Erhebung ersichtlich.

Off-line evaluation experiments	
Participants	20
ADLs	2165
ADL types	12
Falls	931
Fall types	15
Runs	78

Tabelle 9: Eckdaten des off-line Experiments

Bei den ersten drei ProbandInnen wurde zusätzlich zu den Aufnahmesensoren im Hüftbereich ein Beschleunigungssensor der Firma x-sense benutzt, welcher am Brustkorb (Sternum) platziert war. Die Idee dahinter war einen Vergleich der Beschleunigungsdaten, die sich aufgrund der Höhe der Platzierung ergeben würden, aufzuzeichnen. Durch den regelmäßigen Ausfall des x-sense Beschleunigungsaufnehmers musste aber im weiteren Verlauf auf die Möglichkeit Vergleichsdaten zu erheben, verzichtet werden.

1.4 Datenverarbeitung

Die Daten aus dem on-line Versuch wurden, wie zuvor bereits beschrieben, gleich im Experiment ausgewertet und bedurften keiner weiteren Verarbeitung.

Die erhobenen Werte im off-line Modus wurden vorerst nur gesammelt und den zuvor festgelegten Kategorien zugeordnet, um im Anschluss an die Messung für die Weiterverarbeitung bereit zu stehen.

Insgesamt wurden über fünf Stunden und 50 Minuten an Messwerten erhoben und aufgezeichnet. Während die Testpersonen den Sturzparcours absolvierten, wurden die Stürze und sonstigen Aktivitäten, zur Erleichterung der Auswertung gleich den zuvor ausgearbeiteten Bereichen zugeordnet. Die einzelnen Kategorien sind durch das Drücken der entsprechenden Computertaste (Nummer oder Buchstabe) ausgewählt worden. Um die Bereiche zeitlich einzugrenzen sind die Aktionen der ProbandInnen erst auf Kommando des Testleiters durchgeführt worden. In Abbildung 26 sind die farblich hinterlegten Beschleunigungswerte in der jeweiligen Kategorie ersichtlich.

Im nächsten Arbeitsschritt sind die erhobenen Werte mit der Videoaufzeichnung synchronisiert worden. Im letzten Schritt der Aufbereitung wurden alle Beschleunigungs- und Winkeldaten anhand der Videoaufnahmen nochmals einer Kontrolle unterzogen und bei Bedarf dem richtigen Bereich zugeordnet.

Die so aufbereiteten Daten konnten dann später für die Einzelfallbeschreibungen herangezogen werden. So stand ein Pool an Sturzscenarien und Aktivitäten des täglichen Lebens zur Verfügung, die danach zur Evaluierung des Sturzalgorithmus der Firma Spantec genutzt wurde.

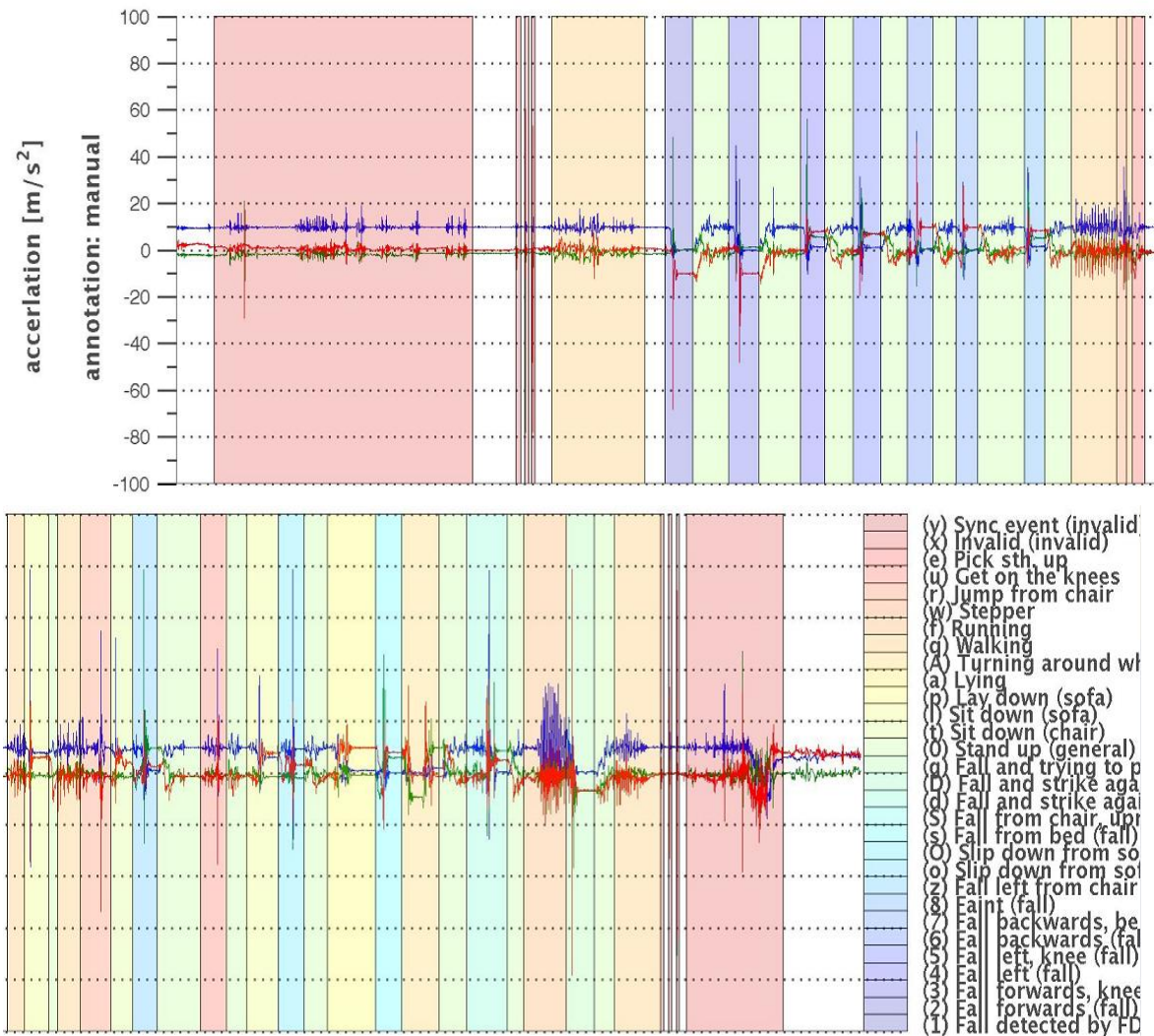


Abbildung 26: Annotierte Beschleunigungsdaten in m/s^2

1.5 Ergebnisse

Bevor die Ergebnisse präsentiert werden, folgen die Definitionen der verwendeten Kennwerte.

Um den roten Faden aus dem hermeneutischen Teil nicht zu verlieren werden die von Noury et al. (2008, S. 344-347) vorgeschlagenen Parameter Sensitivität und Spezifität verwendet. Diese zwei normierten Größen gewähren die unterschiedlichsten Sturzerkennungsmethoden miteinander zu vergleichen und einer Evaluierung zu unterziehen.

Im Anschluss an die Definitionsbeschreibung finden sich die on-line und die off-line Ergebnisse.

1.5.1 Definition von Sensitivität (Recall), Spezifität und Precision

Mit den nachfolgend dargestellten Parametern werden die wichtigsten Leistungen von Sturzerkennungssystemen transparent und vergleichbar.

- 1) Die Sensitivität, welche die Leistung des Sturzerkennungssystems einen Sturz zu erkennen, widerspiegelt. Sie wird in der Arbeit in Prozent angegeben.

Sensitivität/ Recall = ———

- 2) Die Spezifität gibt das Leistungsvermögen der Sensorik an, nur den Sturz zu detektieren und keine sonstigen Aktivitäten. Die Angabe erfolgt in Prozent.

Spezifität = ———

- 3) Die Precision zeigt das Verhältnis von erkannten Stürzen zu Fehlalarmen an und ist in Prozent angegeben.

Precision = Anzahl der erkannten Stürze x 100/ Anzahl der Alarme

true positiv (TP): Ein Sturz passiert und der Detektor identifiziert diesen auch als Sturz

false positiv (FP): Die Sensorik detektiert einen Sturz welcher aber nicht stattgefunden hat

true negative (TN): Während einer Alltagsbewegung (kein Sturz) wird auch vom Falldetektor kein Fall gemeldet

false negative (FN): Ein Sturz ereignet sich, wird aber nicht als solcher identifiziert.

1.5.2 Ergebnisse der on-line Auswertung

In Tabelle 10, auf Seite 69, sind die Ergebnisse der on-line Auswertung zusammengefasst dargestellt. Die Leistungsfähigkeit des bisher verwendeten Algorithmus mit einer verbesserten Version und einem anderen Gehäusetyp mit den alten Schwellwerten wird im Vergleich ersichtlich. Die drei verwendeten Falldetektoren, die mit zwei

unterschiedlichen Gehäusetypen und zwei verschiedenen Sturzalgorithmen zum Einsatz kamen sind wie folgt bezeichnet:

- v1.12: aktuelle Gehäuseform und alter Sturzalgorithmus
- v2.01: aktuelle Gehäuseform und aktueller Sturzalgorithmus
- v0: alter Gehäusotyp und alter Sturzalgorithmus
- Overall: alle Stürze und Alltagsaktivitäten
- Non-critical: alle Stürze die in horizontaler Oberkörperlage endeten
- Critical: alle Stürze die in aufrechter Oberkörperposition endeten

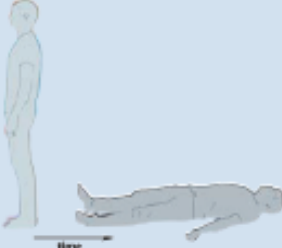
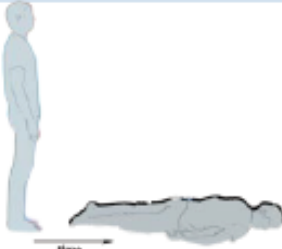
Falldetektor		Overall	Non-critical	Critical
v1.12	Precision	99,5%	100%	93,3%
	Sensitivität	68,7%	81,0%	23,3%
	Spezifität	99,5%		
v2.01	Precision	97,6%	100%	80,6%
	Sensitivität	86,8%	99,1%	41,7%
	Spezifität	97,1%		
v0	Precision	99,3%	100%	91,7%
	Sensitivität	65,6%	73,3%	22,9%
	Spezifität	99,4%		

Tabelle 10: Performancevergleich der eingesetzten Sturzerkennungsdetektoren

Die Übersicht zeigt ganz deutlich, dass die unterschiedlichen Gehäusetypen ähnliche Ergebnisse bringen. Nur die Sensitivitätsleistung der unkritischen Stürze ist in der ursprünglichen Bauform deutlich reduziert. Die Leistung des zur Zeit verwendeten Gehäusetyps und des neu evaluierten Algorithmus wurde im Vergleich zur vorhergehenden Version deutlich verbessert. Wichtig ist aber auch, dass dies nicht auf Kosten der Spezifität beziehungsweise der Precision ging und somit die Anwenderakzeptanz hinsichtlich Fehlalarme hoch gehalten wird. Aufgrund der erkannten Problematik von Stürzen die in aufrechter Körperposition enden, wurden die Kategorien in denen diese vorkamen nochmals in kritische und unkritische aufgeteilt. Mit einer weiteren Erhöhung der Sensitivität vor allem bei Stürzen welche in aufrechter Oberkörperposition

enden, würden sich die Fehlalarme drastisch erhöhen. Mit den technischen Möglichkeiten der Sensoren scheint in dieser Kombination die Ausschöpfung des Potentials der Sturzerkennungseinheit ausgereizt zu sein. Ein Datenpool von gestürzten älteren Personen wäre von Nöten um einen Vergleich mit Werten der jungen gesunden TeilnehmerInnen vorzunehmen. Damit könnte der Algorithmus nochmals überarbeitet und feinjustiert werden.

In der untenstehenden und auf Seite 71 angeführten Abbildung (27) sind Stürze gezeigt, die eine hohe Erkennungsrate aufweisen, beziehungsweise solche, die nur per Zufall (unter 20 Prozent) erkannt wurden.

Type of fall event	Recall Rate	Comment
	100%	
	100%	
	100%	
	100%	
	100%	

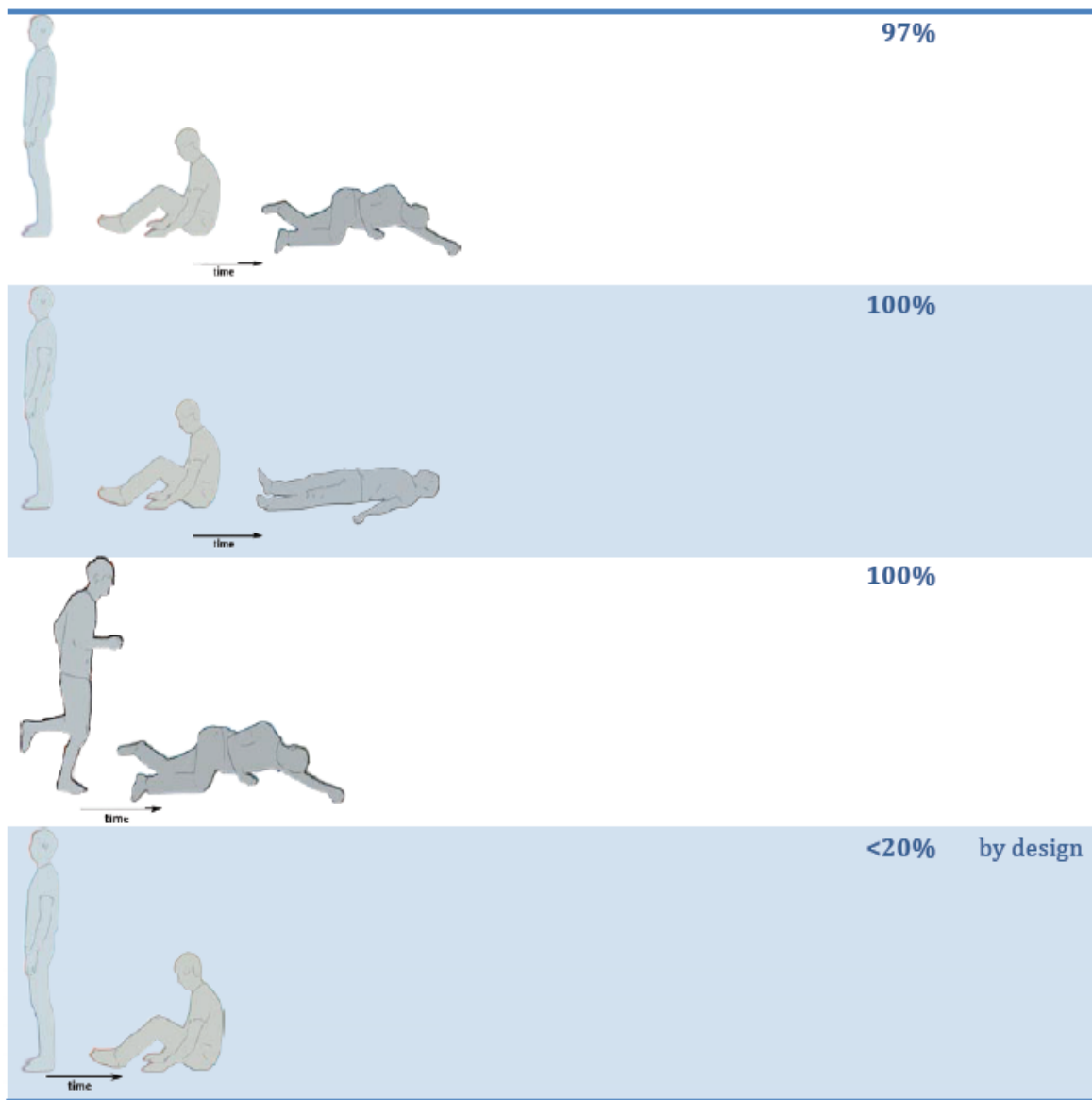


Abbildung 27: Die unterschiedlichen Falltypen mit der errechneten Erkennungsrate

Die gezeigten Stürze sind exemplarische Beispiele und stellen die unterschiedlichen Sturztypen dar, die von der Einheit sehr gut erkannt werden, oder wie im letzten Beispiel ersichtlich ein unterdurchschnittliches Ergebnis bringen. Es ist immer die Ausgangsposition sowie die Endposition nach dem Fall dargestellt. In Beispiel sieben und acht ist auch eine mögliche Zwischenposition abgebildet. Neben den Abbildungen ist die sensitive Leistung (Recall) der unkritischen Stürze in Prozent angegeben. Das Beispiel, welches in aufrechter Oberkörperposition endet ist mit dem Zusatz „by design“ gekennzeichnet. Das bedeutet, dass alle Stürze die in senkrechter Rumpfposition endeten, gesondert herausgenommen und berechnet wurden.

Aus dem letzten Beispiel geht aber ganz deutlich hervor, dass nur jeder fünfte Sturz, der in sitzender Position endete, erkannt wurde und somit eine Hilfestellung zu erwarten ist.

Da der automatische Sturzmelder aber auch mit einem manuell zu bedienenden Druckknopf ausgestattet ist um einen Alarm auszulösen, kann davon ausgegangen werden, dass es im Falle eines solchen Sturztyps zu keiner so schweren Beeinträchtigung kommt, um nicht selbständig per Knopfdruck für Hilfe zu sorgen.

1.5.3 Ergebnisse der off-line Auswertung

Die Aufbereitung der off-line Daten wurde schon im Kapitel 1.4 beschrieben. In Tabelle 11 ist die Zusammenfassung der Ergebnisse abzulesen.

Falldetektor		Overall	Non-critical	Critical
v1.12	Precision	98%		
	Sensitivität	77%	88%	21%
	Spezifität	99%		
v2.01	Precision	97%		
	Sensitivität	86%	98%	14%
	Spezifität	99%		

Tabelle 11: Zusammenfassung der Ergebnisse der off-line Auswertung

Die auffälligste Änderung der Version v2.01 ist die Erhöhung der sensitiven Leistung im Bereich der unkritischen Stürze von 88 Prozent auf über 98 Prozent. Die Steigerung der Erkennungsleistung unproblematischer Stürze bei nahezu gleichbleibender Spezifität beziehungsweise Precision ist ein Zeichen für die Ausgewogenheit mit dem aktuellen Algorithmus. Eine weitere Verbesserung, auch im Bereich der kritischen Stürze, würde zu einer massiven Zunahme an Fehlinterpretationen führen.

In den nachfolgenden zwei Tabellen (12 und 13) sind die zwei verwendeten Algorithmen mit ihren unterschiedlichen Auswirkungen in den einzelnen Bereichen zu sehen. Die grünen Balken im oberen Teil des Diagramms zeigen in Prozent die Leistung des Erkennungssystems, einen Sturz als solchen zu detektieren. Die gelben Balken zeigen in Prozent die nichterkannten Stürze. In den unteren Balkendiagrammen sind die ATLs in der prozentuellen Verteilung zu Fehlalarmen (gelb) ersichtlich. Zudem ist in jeder Kategorie die gesamte Anzahl an Stürzen sowie an ATLs abzulesen.

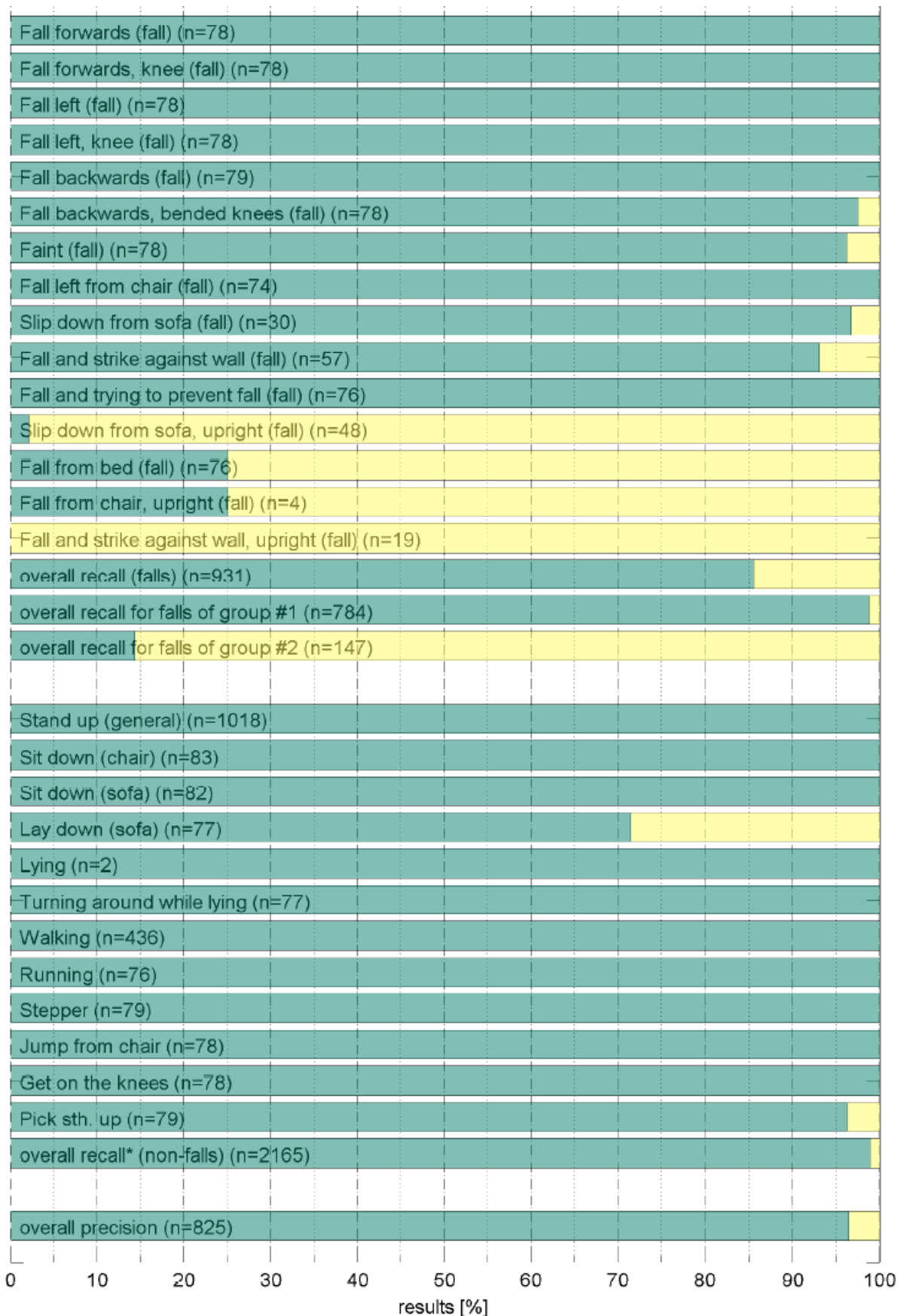


Tabelle 12: Verteilung der Stürze, beziehungsweise ATLs zu Fehlalarmen des Falldetektors v2.01

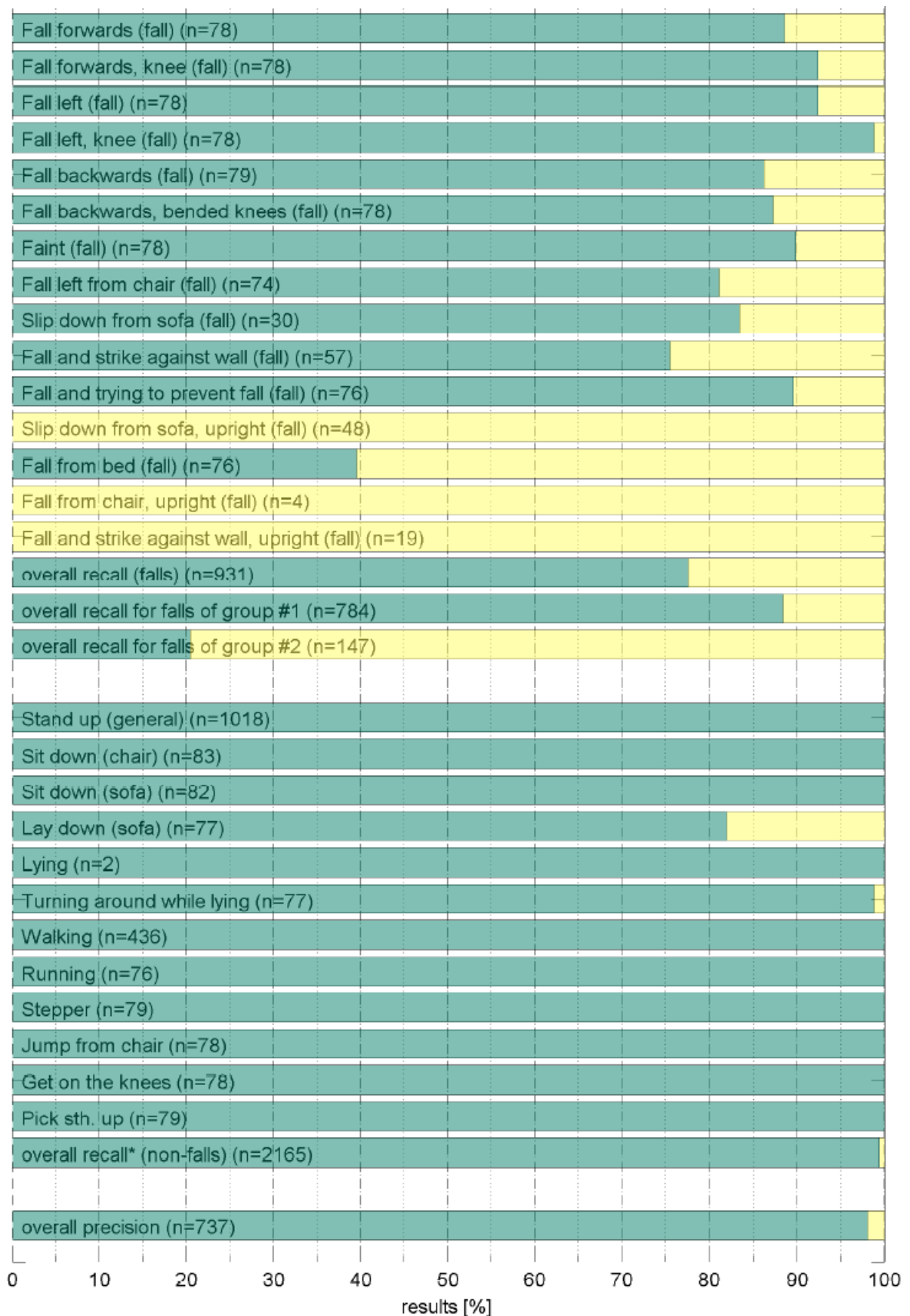


Tabelle 13: Verteilung der Stürze, beziehungsweise ATLs zu Fehllarmen des Falldetektors v1.12

1.5.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Es hat sich in diesem Experiment gezeigt, dass Stürze welche in aufrechter Oberkörperposition enden mit dem verwendeten Sensor v2.01 (Beschleunigungsaufnehmer und Gyroskop) nur zu einem knappen Fünftel erkannt werden. Eine Änderung des Algorithmus zugunsten einer besseren Erkennung dieser Stürze, aber im Gegenzug zu einer Erhöhung der Fehlalarme führen würde. Da zu häufige Fehlinterpretationen aber die Gefahr beinhalten, dass die Anwenderakzeptanz sinkt, müssen diese bei der Art von Sturzmeldern in Kauf genommen werden.

Wie im hermeneutischen Teil auf Seite 52 und 53 in Tabelle 3 beschrieben wurde, könnten Stürze die mit aufrechtem Rumpf enden aber auch zu den Alltagsaktivitäten gezählt werden (Noury et al., 2008, S. 347). Das heißt, es ist hier durch die Definition, was ein Sturz eigentlich ist, ein gewisser Spielraum gegeben.

Wenn es sich um Personen handelt, die öfter von Synkopen heimgesucht werden oder bei Menschen die öfter vom Sessel oder Rollstuhl abrutschen, wird der Sturzmelder nicht die optimale Wahl sein.

Wie auf Seite 17 und 18 dieser Arbeit bereits gezeigt wurde, betrifft das Abrutschen meist Klienten die immobil sind und wie Becker et al. (2001, S.13) meinen, sich in dieser Gruppe nur 12 Prozent der Stürze ereignen. Für diese Personengruppe können sicherlich andere Möglichkeiten der Sturzerkennung, wie zum Beispiel Sturzteppiche, eingesetzt werden.

Für Personen die sehr aktiv und als wenig bis mäßig sturzgefährdet eingeschätzt werden, ist der getestete Sturzmelder sicherlich eine richtige Wahl.

Damit wird der größte Teil von sturzgefährdeten Menschen abgedeckt, da sich in dieser Personengruppe mehr als 50 Prozent aller Stürze ereignen (Becker et al., 2001, S.13).

Sturztypen die von der Unit nicht optimal erkannt werden:

- Ein Sturz vom Bett (25 Prozent)
- Ein Abrutschen vom Sofa (2 Prozent)
- Abrutschen vom Sessel (25 Prozent)
- Entlang gleiten an der Wand in eine sitzende Endposition (0 Prozent)

Aktivitäten des täglichen Lebens die mit einem Sturz verwechselt werden:

- Hinlegen auf ein Sofa (28 Prozent)
- Etwas vom Boden aufheben (3 Prozent)

Um weitere Evaluierungsschritte zu setzen wären nun Daten von Stürzen mit älteren Personen von Nöten, beziehungsweise könnte der Sensor, der bereits auf dem Markt erhältlich ist, zumindest in der entsprechenden Altersgruppe zur Aufzeichnung von Aktivitäten des täglichen Lebens genutzt werden.

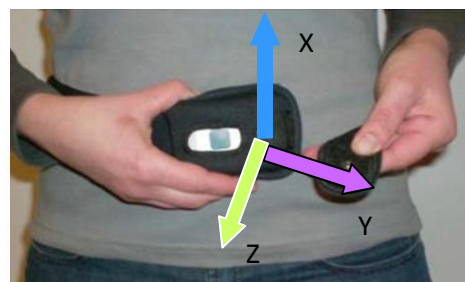
1.6 Einzelfallbeschreibungen

Im Folgenden werden exemplarisch ein paar Beispiele gezeigt, in denen die automatische Erkennungseinheit sehr gute Ergebnisse geliefert hat und jene in der die Detektion kritisch war.

In den nächsten Abbildungen werden die Beschleunigungswerte und die Winkelgeschwindigkeiten dargestellt und für die Beschreibung der Fallbeispiele herangezogen. Die Werte sind in SI-Einheiten angegeben, für die Beschleunigung ist die Skalierung der y-Achse in m/s^2 , für die Winkelgeschwindigkeit in rad/s . In der oberen Abbildung sind immer die Beschleunigungswerte und in der unteren Abbildung die Drehgeschwindigkeitswerte ersichtlich. Die farbliche Hinterlegung der Beschleunigungsdaten zeigt die jeweils nacheinander durchgeführten Aktionen (siehe Beschreibung Seite 66 und 67) an. Die dunkelblau hinterlegten Bereiche der Rotationsgeschwindigkeiten zeigen einen erkannten Sturz an. Ist in der unteren Abbildung keine farbliche Kennzeichnung zu sehen, wurde der Fall nicht erkannt. Die einzelnen Fallbeispiele weisen unterschiedliche Skalierungen der Achsen auf.

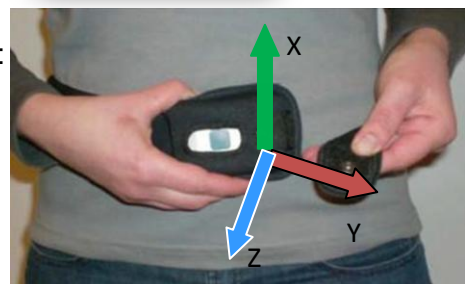
Verwendete Farben der Beschleunigungsachsen:

- vertikal, cyan = x-Achse
- horizontal, magenta = y-Achse
- horizontal, gelb = z-Achse



Verwendete Farben der Winkelgeschwindigkeitsachsen:

- vertikal, grün = x-Achse
- horizontal, rot = y-Achse
- horizontal, cyan = z-Achse



1.6.1 Fallbeispiel eins

Im ersten Beispiel sind drei Stürze (siehe Abbildung 28) die sehr gut erkannt werden dargestellt. Die Probandin beginnt am Sturzpodest stehend und lässt sich rückwärts fallen (gestreckt). Im zweiten Beispiel ist ebenfalls ein rückwärtiger Fall, allerdings mit stark gebeugten Knien und einer flektierten Hüfte zu sehen. Der letzte Sturz ist ein in sich Zusammensacken (faint). Die Beschleunigungswerte der x-Achse zeigen im Stehen ca. 10m/s^2 (1g). Die horizontalen Messwertgeber zeigen keine Beschleunigung. Nach einer kurzen Phase des freien Falls ist der Impact deutlich sichtbar. Am Ende des Sturzes, wenn die Probandin ruhig auf der Matte liegt, ist die Lageänderung deutlich zu sehen. Die Testerin liegt auf dem Rücken, die z-Achse (gelb) zeigt 10m/s^2 . Die beiden anderen Achsen zeigen keine Aktivität an. Im dritten Beispiel ist die Endposition am Rücken liegend mit einer leichten Seitrotation des Rumpfes. Es treten ausreichend hohe Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeitsspitzen auf um die Schwellwerte der Sturzerkennungseinheit zu überschreiten. Die angewandten Schwellwerte sind auf Wunsch der Firma Spantec GmbH ausgeblendet und nicht Teil der Publikation.

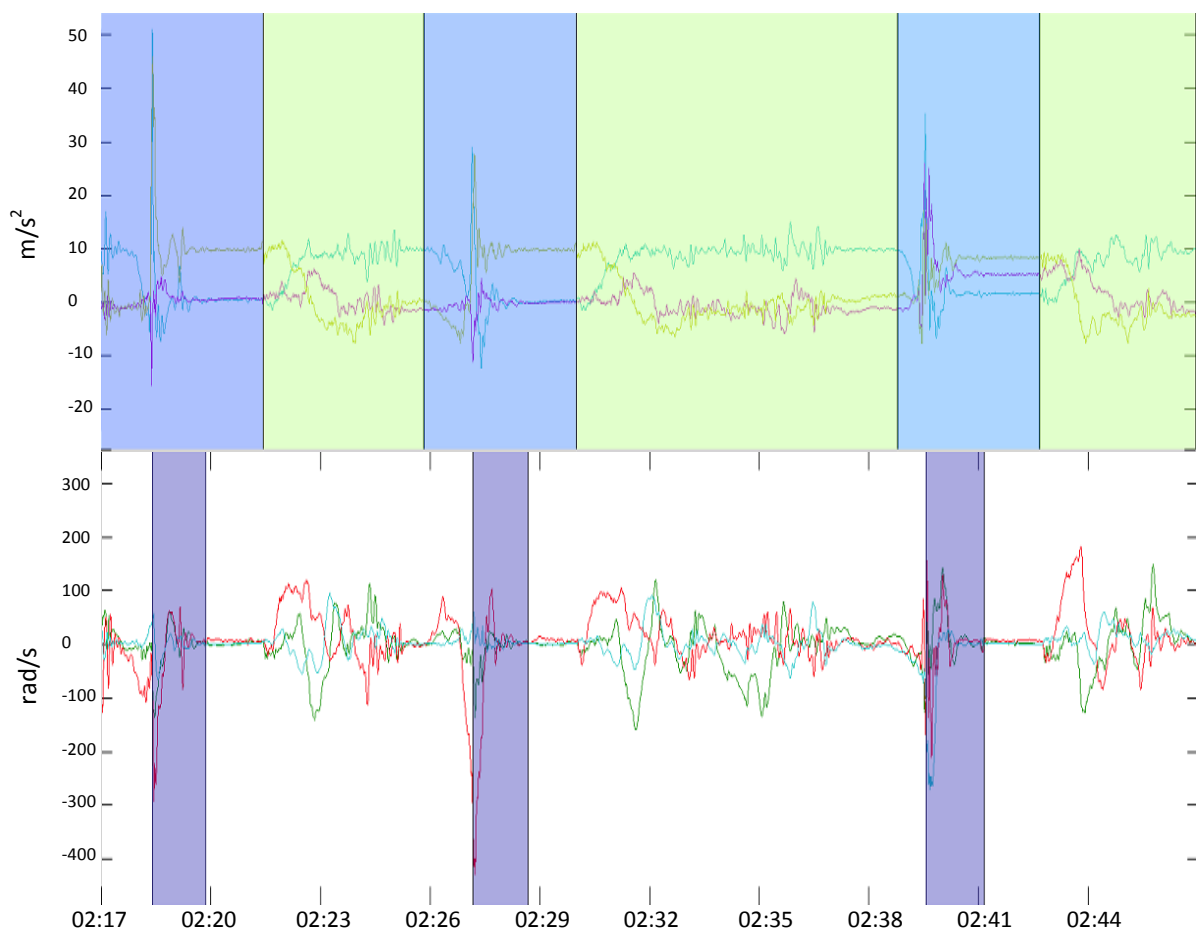


Abbildung 28: Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeiten, Fallbeispiel eins

1.6.2 Fallbeispiel zwei

Im Beispiel 2 ist ein Sturz (türkise Farbhinterlegung) an die Wand mit einem anschließenden entlang Gleiten an der Mauer nach unten in eine sitzende Endposition dargestellt. Die auftretende Beschleunigung sowie die Winkelgeschwindigkeit (siehe Abbildung 29) dürften groß genug sein. Die Lageänderung ist in diesem Fall aber zu gering um die Aktion als Sturz zu erkennen.

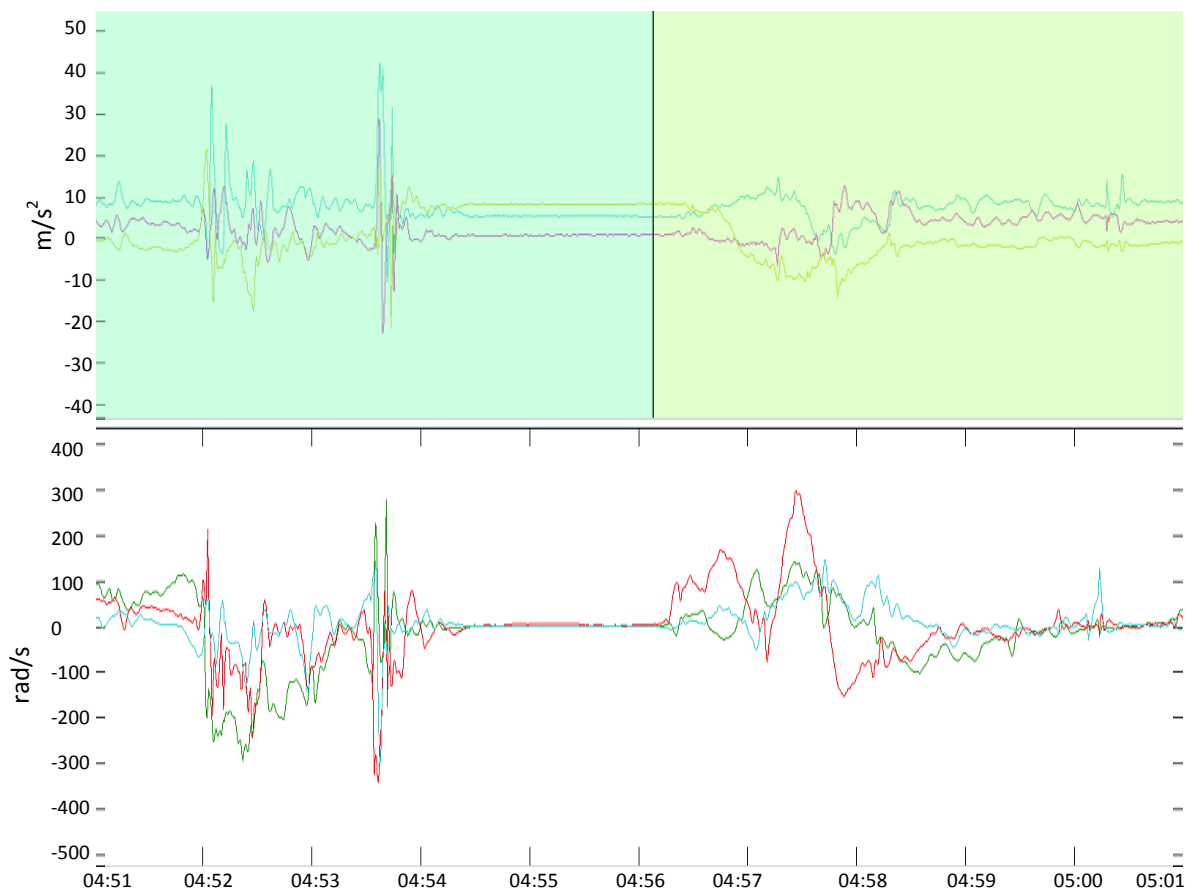


Abbildung 29: Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeiten, Fallbeispiel zwei

1.6.3 Fallbeispiel drei

Das dritte Beispiel zeigt einen erkannten Sturz zur linken Seite (siehe Abbildung 30). Zu Beginn stand der Proband auf der Sturzplattform um sich dann seitlich in gestreckter Körperhaltung fallen zu lassen und auch auf der linken Körperhälfte zum Liegen kam. Der Impact löst Beschleunigungsspitzen, die dem fünffachen der Erdbeschleunigung

entsprechen, aus. Die horizontale y-Achse (magenta) zeigt nach dem Sturz die Lageänderung an. Der Schwellwert der Winkelgeschwindigkeit ist ebenfalls überschritten worden.

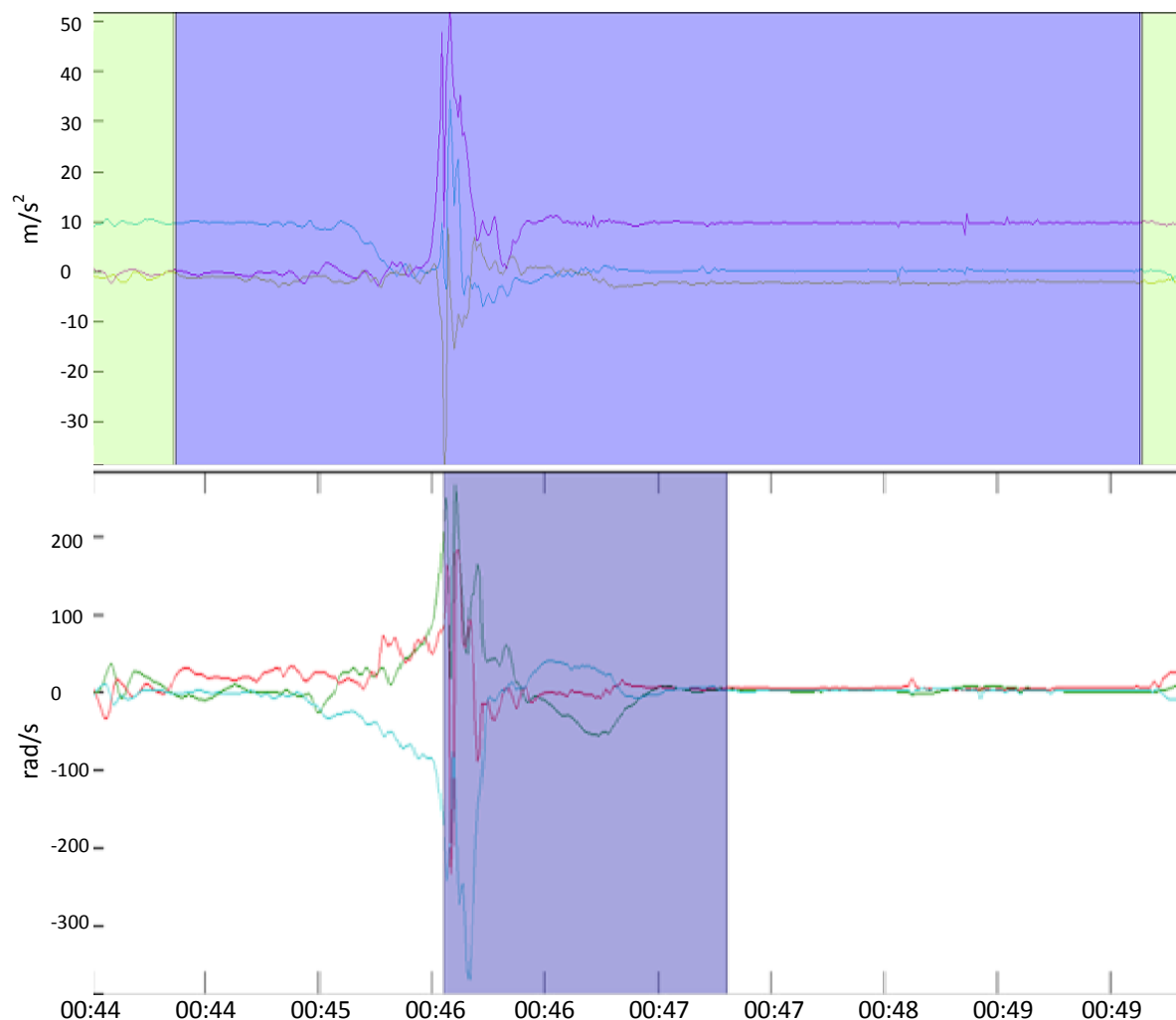


Abbildung 30: Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeiten, Fallbeispiel drei

1.6.4 Fallbeispiel vier

Das vierte Fallbeispiel (siehe Abbildung 31) zeigt zum Einen eine Alltagsaktivität (gelb hinterlegt), nämlich das Hinlegen auf ein Sofa und zum Anderen das Herausfallen aus dem Bett (türkis hinterlegt). Der Proband legte sich wie aus dem Video hervorging sehr schwungvoll auf das Sofa. Dies reichte aus um die Schwellwerte zu überschreiten und die erkannte Lageänderung führte dann zur Auslösung des Alarms. Nach dem Sturz aus dem Bett ist noch eine Drehung vom Rücken auf den Bauch und wieder retour zu sehen.

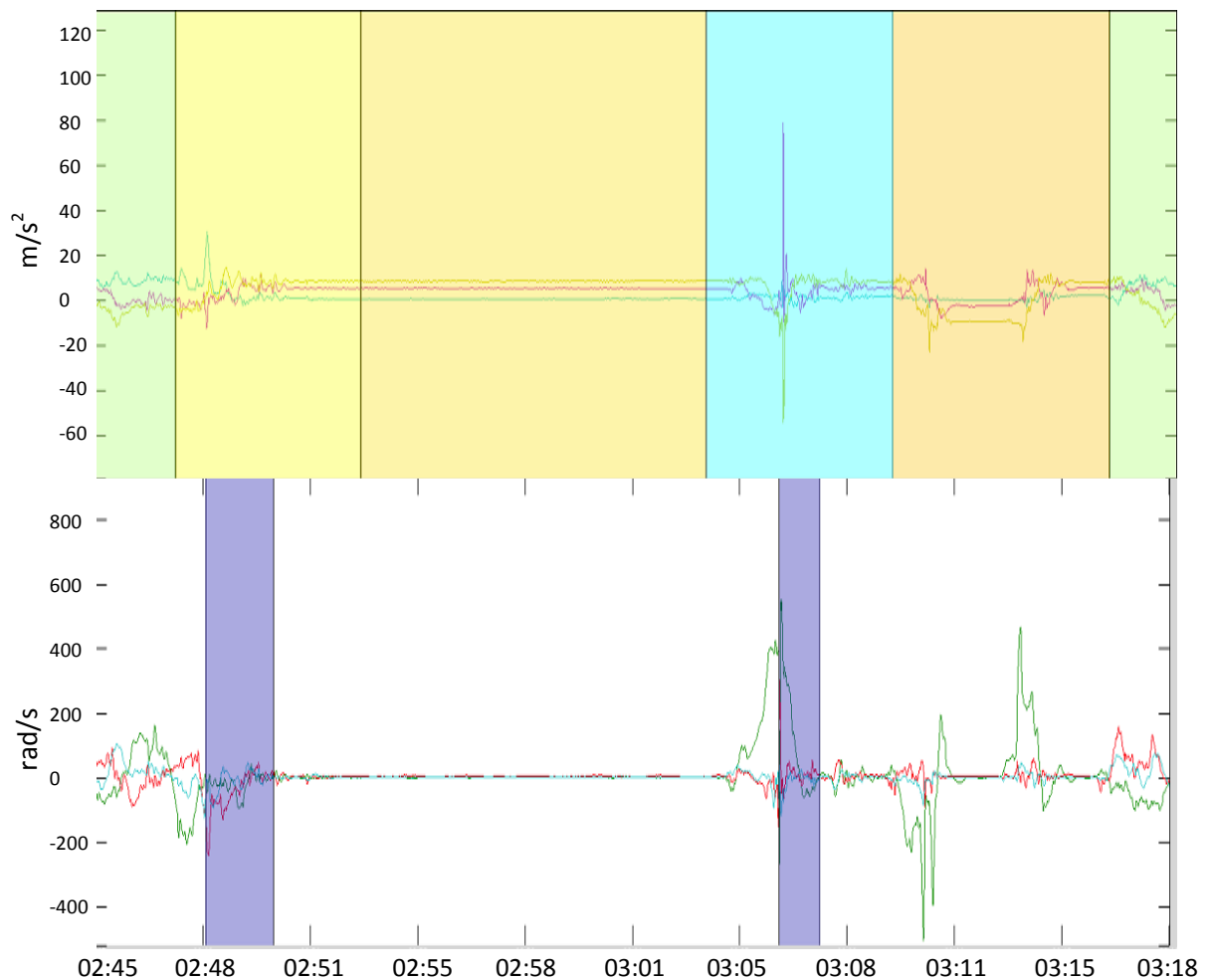


Abbildung 31: Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeiten, Fallbeispiel vier

1.6.5 Fallbeispiel fünf

Im letzten der fünf Einzelfallbeispiele wird der gleiche Proband bei der Absolvierung seines ersten Durchgangs der off-line Erhebung zur Beschreibung herangezogen. Zu sehen ist zum Ersten das Abrutschen vom Sofa (türkise Farbhinterlegung), das vom Detektor in diesem Fall nicht erkannt wurde und zum Zweiten das Hinlegen auf das Sofa (gelbe Farbhinterlegung), welches nicht so schwungvoll wie im vorigen Fallbeispiel beschrieben stattfand. Die Beschleunigungen und Winkelgeschwindigkeiten erscheinen beim Abrutschen von der Sofakante zu gering gewesen zu sein um einen Sturz zu erkennen. Noch dazu fand durch die aufrechte Oberkörperposition, die am Ende des Falls vorlag keine Änderung der Lage statt. Die Alltagsaktivität des Hinlegens wurde aber im Gegensatz zum Fallbeispiel vier richtig beurteilt, genauso wie das Herausfallen aus dem Bett. Auf der nächsten Seite in Abbildung 32 sind die erhobenen Daten dargestellt.

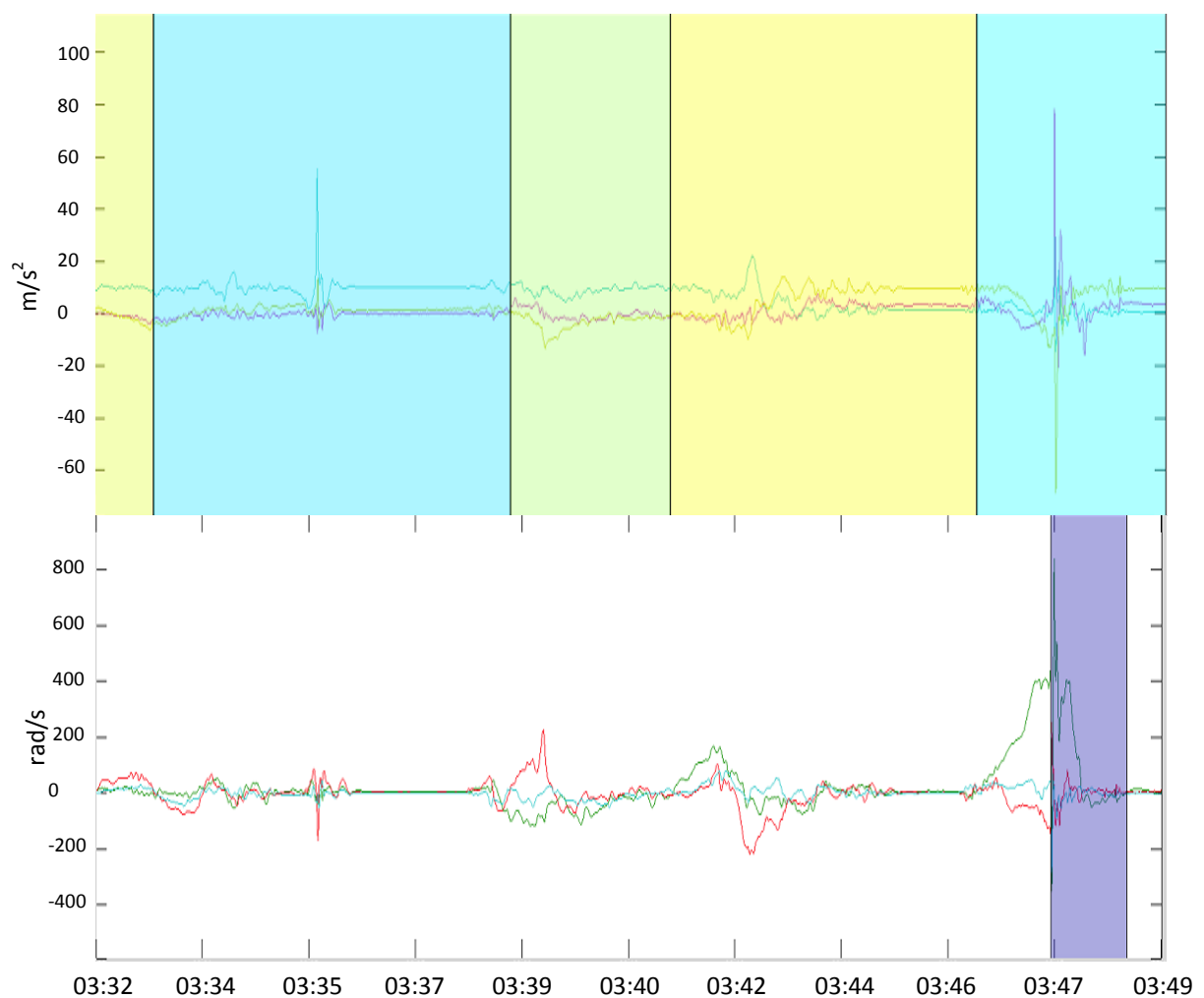


Abbildung 32: Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeiten, Fallbeispiel fünf

1.7 Diskussion und Ausblick

Wenn die kritischen Stürze herausgenommen werden, ist die Grundvoraussetzung mit einer nahezu hundertprozentigen Funktion hinsichtlich der technischen Ausgereiftheit, die von Bourke et al. (2008, S 28f) gefordert wird, gegeben. Die Ausklammerung der Stürze, welche in aufrechter Oberkörperposition enden, beruht auf dem vorgeschlagenen Protokoll zur Evaluierung von unterschiedlichen Sturzerkennungssystemen (Noury et al., 2008, S. 345f).

Um die Sensorik auf die einzelnen Klienten abzustimmen, würde sich eine Anpassung der Schwellwerte auf die individuellen Bedürfnisse, beziehungsweise Gegebenheiten, positiv auf die Performance auswirken (vgl. Noury et al., 2008, S. 341). Eine Abstimmung des

Algorithmus auf bestimmte Personengruppen (Sturzrisikogruppen), zum Beispiel Immobile oder KlientInnen die nur mehr im Rollstuhl mobil sind, könnte ebenfalls überlegt werden. In diesen Fällen kommt es sehr oft zu einem Abrutschen von der Sitzgelegenheit, wobei genau die Erkennungsproblematik der aufrechten Oberkörperendposition zu tragen kommt und die unzureichende Lageänderung eine Alarmierung verhindert.

Ein weiterer Schritt wäre den Falldetektor in der entsprechenden Altersgruppe zu testen. Da sich ältere Personen bei den Aktivitäten des täglichen Lebens anders bewegen als Junge, könnten so Daten zum Vergleich gewonnen und die Schwellwerte an die Altersgruppe angepasst werden (vgl. Klenk et al., 2011, S. 368; Bourke et al., 2008, S 64).

Da zu Evaluierungszwecken Daten von älteren Personen notwendig wären, dies aber für die einzelnen Forschergruppen zu langwierig ist, um auf eine ausreichende Anzahl von dokumentierten Stürzen und Alltagsaktivitäten zu kommen, könnte eine zentrale Datenbank, aushelfen neue Erkenntnisse für alle zu bringen.

Es wird mit einem bestimmten Algorithmus mit fixen Schwellwerten aber nicht möglich sein alle Bereiche mit höchster Zufriedenheit abzudecken. Hier kann der geforderte Ansatz (vgl. Gietzelt et al., 2010, S. 429f) von kombinierten Sturzerkennungsmethoden eine Lösungsmöglichkeit darstellen. Die Anwenderakzeptanz wird nur dann hoch sein, wenn das System einwandfrei funktioniert und ohne viel zu tun immer einsatzbereit ist.

Das „Vergessen“ wird mit zunehmendem Alter immer mehr zum Thema. Die deutsche Alzheimer Gesellschaft gibt in ihrem Factsheet 2008 bekannt, dass mit einer starken Zunahme der Demenzerkrankungen in naher Zukunft gerechnet werden muss (Bickel, 2008, S.3).

Der Einbindung und der Ausbildung von medizinischem Fachpersonal wird in Zukunft ebenfalls mehr Augenmerk geschenkt werden müssen. Aufgrund der vielen Möglichkeiten der Sturzerkennung und der unterschiedlichsten Sturzrisikogruppen ist eine laufende Situationseinschätzung unbedingt erforderlich. Die Miteinbeziehung der zukünftigen Anwendergruppen (Ärzte, medizinisches Assistenzpersonal und Sturzgefährdete) im frühen Entwicklungsstadium, sowie eine interdisziplinäre Einbindung von technischen Experten, wird ebenfalls nötig sein.

Dies geben auch Kunze et al. (2008, S 1) zu bedenken und sprechen in diesem Zusammenhang die späteren Überlebenschancen am Markt an.

Trotz der Möglichkeiten der automatischen Sturzerkennung darf aber auch zukünftig nicht auf die Ausschöpfung präventiver Maßnahmen zur Sturzvermeidung vergessen werden, denn jeder Sturz der nicht passiert, muss auch nicht erkannt werden. Wenn ein Sturz aber

stattgefunden hat ist die frühzeitige Entdeckung mit einer wesentlich besseren Prognose verbunden.

Ein Punkt, der nicht außer Acht gelassen werden sollte, ist die Angst über die Abnahme der zwischenmenschlichen Beziehungen, die für ältere Personen so wichtig sind. Mit einer einwandfreien Funktion der technischen Hilfsmittel werden auch „die Besuche“ und somit das soziale Umfeld eingeschränkt. Diese Vereinsamung bereitet älteren Menschen große Sorge (vgl. Meyer et al., 2003, S 3294ff).

Wie der hohe Anteil an universitären Einrichtungen an der Konzeption von Sturzerkennungssystemen zeigt, ist noch einiges an interdisziplinärer Entwicklungsarbeit zu leisten, um die automatischen Sturzmelder dem Zielpublikum näher zu bringen. Dem AAL- Bereich wird ein großes Potential vorhergesagt, um dieses aber auch ausschöpfen zu können, werden noch ein paar Jahre an Forschungsarbeit notwendig sein. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung in Deutschland gab hierzu im Schlussbericht über Marktpotentiale, Entwicklungschancen, gesellschaftliche, gesundheitliche und ökonomische Effekte der zukünftigen Nutzung von Ambient Assisted Living Technologien an, dass 2010 noch kein funktionierender Markt für AAL- Produkte vorhanden war (vgl. Garlipp et al., 2008, S. 20; Berndt et al., 2010, S.95ff).

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Bevölkerung nach breiten Altersgruppen 1950-2050.	7
Abbildung 2: Steigende Lebenserwartung bei der Geburt und ferner im Alter	8
Abbildung 3: Die in einem Abwärtstrend verlaufende Spirale der Sturzfolgen	13
Abbildung 4: Sturzursachen und Faktoren welche die Sturzfolgen beeinflussen	14
Abbildung 5: Bereiche Ubiquitous Computing	22
Abbildung 6: Konzeption des Niedersächsischen Forschungsverbundes	23
Abbildung 7: Verteilung der Forschung bei AAL-Anwendungen	26
Abbildung 8: Akzeptanz von telemedizinischen Anwendungen bei über 50-jährigen	28
Abbildung 9: Ebenen von AAL- Anwendungen.....	29
Abbildung 10: Abnahme der Akzeptanz nach Tragewochen	30
Abbildung 11: Sturzphasen.....	33
Abbildung 12: Hüftgetragene Erkennungseinheit.....	35
Abbildung 13: Armgetragene Erkennungseinheit	35
Abbildung 14: Konzept eines Sensorsystems, welches am Ohr getragen wird.....	36
Abbildung 15: Sternale Anbringung des Beschleunigungssensors	36
Abbildung 16: Vertikale (Vv) und horizontale (Vh) Geschwindigkeiten bei Aktivitäten des täglichen Lebens und bei Stürzen	39
Abbildung 17: Signale und Grenzwertüberschreitung bei Alltagsaktivitäten und einem Sturz	41
Abbildung 18: Beschleunigungssignale eines realen Sturzes einer älteren Dame.	43
Abbildung 19: Luftdruckverhalten bei einem Sturz zur Seite.....	44
Abbildung 20: Herausforderungen der Personenerkennung im häuslichen Umfeld	47
Abbildung 21: Sturzerkennungsteppich „SensFloor“	49

Abbildung 22: Funktionsweise des „intelligenten Bodens“ .	50
Abbildung 23: Spantec´s Fall Detection Device v2 (FDDv2)	57
Abbildung 24: Anlegen der Sturzerkennungseinheit an den ProbandInnen.....	58
Abbildung 25: schematische Darstellung des Parcours	62
Abbildung 26: Annotierte Beschleunigungsdaten in m/s^2	67
Abbildung 27: Die unterschiedlichen Falltypen mit der errechneten Erkennungsrate.	71
Abbildung 28: Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeiten, Fallbeispiel eins	77
Abbildung 29: Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeiten, Fallbeispiel zwei	78
Abbildung 30: Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeiten, Fallbeispiel drei	79
Abbildung 31: Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeiten, Fallbeispiel vier.....	80
Abbildung 32: Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeiten, Fallbeispiel fünf	81

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht zu Aktivitäten rund um das Thema altersgerechte Lebenswelten	9
Tabelle 2: Positionierungsmöglichkeiten von getragenen Sensoren	37
Tabelle 3: Protokollvorschlag zur Vergleichbarkeit von Sturzerkennungssystemen	53
Tabelle 4: Alter, Größe und Masse der ProbandInnen	59
Tabelle 5: Stürze und Aktivitäten des täglichen Lebens	60
Tabelle 6: aufgezeichnete Datensätze	63
Tabelle 7: Übersicht der ATLs und Stürze im on-line sowie im off-line Modus.....	64
Tabelle 8: Eckdaten des on-line Experiments.....	65
Tabelle 9: Eckdaten des off-line Experiments	65
Tabelle 10: Performancevergleich der eingesetzten Sturzerkennungsdetektoren	69
Tabelle 11: Zusammenfassung der Ergebnisse der off-line Auswertung	72
Tabelle 12: Verteilung der Stürze, beziehungsweise ATLs zu Fehlalarmen des Falldetektors v2.01	73
Tabelle 13: Verteilung der Stürze, beziehungsweise ATLs zu Fehlalarmen des Falldetektors v1.12	74

Literaturverzeichnis

- American geriatrics society, british geriatrics society, and American academy of orthopaedic surgeons panel on falls prevention. Guideline for the prevention of falls in older persons. *Journal of the American Geriatric Society*, 49, 664-72.
- Becker, C. (1998). Erster Jahresbericht des Ulmer Modellvorhabens. Verminderung von sturzbedingten Verletzungen bei Alten- und Pflegeheimbewohnern. Zugriff am 14.08.2011 unter <http://www.aktivinjedemalter.de/downloads/pdf/JahrBericht1998.pdf>.
- Becker, C. (2000). Dritter Jahresbericht des Ulmer Modellvorhabens. Verminderung von sturzbedingten Verletzungen bei Alten- und Pflegeheimbewohnern. Zugriff am 14.08.2011 unter <http://www.aktivinjedemalter.de/downloads/pdf/JahrBericht2000.pdf>
- Berndt, E., Gothe, H., Oesterreich, D., Schulze, E., u.a. (2010). *Marktpotenziale, Entwicklungschancen, gesellschaftliche, gesundheitliche und ökonomische Effekte der zukünftigen Nutzung von Ambient Assisted Living (AAL)-Technologien*. Rostock: Darmstadt.
- Bianchi, F., Redmond, S. J., Narayanan, M.R., Cerutti, S., Celler, B.G., Lovell, N.H. (2009). *Falls event detection using triaxial accelerometry and barometric pressure measurement*. Engineering in Medicine and Biology Society. Annual International Conference of the IEEE, 6111–6114.
- Bickel, H. (2008). *Das Wichtigste – Informationsblätter. Die Epidemiologie der Demenz*. Deutsche Alzheimer Gesellschaft. Zugriff am 11.05.2012 unter <http://www.deutsche-alzheimer.de/fileadmin/alz/pdf/factsheets/FactSheet01.pdf>.
- Bourke, A.K., O'Brien, J.V., Lyons, G.M. (2007). Evaluation of a thresholdbased tri-axial accelerometer fall detection algorithm. *Gait & Posture*, 26(2), 194 – 199.
- Bourke, A.K. and Lyons, G.M. (2008). A threshold-based fall-detection algorithm using a bi-axial gyroscope sensor. *Medical Engineering & Physics*, 30(1), 84 – 90.
- Bourke, A.K., van de Ven, P., Gamble, M., O'Connor, R., Murphy, K., Bogan, E., McQuade, E., Finucane, P., O'laighin, G., Nelson, J. (2010). Evaluation of waist-mounted tri-axial accelerometer based fall-detection algorithms during scripted and continuous unscripted activities. *Journal of Biomechanics*, 43(15), 3051-7.

- Cederström, E. and Korhonen, I. (2007). *A device for indicating a fall*. Patent EP1642248, IST International Security Technology OY(Melkonkatu 16 A, 00210 Helsinki, FI).
- Cummings, S.R., Melton, L.J., (2002). Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures. *Lancet*, 359 (9319):1761-7. Review.
- De Goede, K.M., Ashton-Miller, J.A., Schultz, A.B. (2003). Fall-related upper body injuries in the older adult: a review of the biomechanical issues. *Journal of Biomechanics*, 36, 1043–1053.
- DeGoede, K.M., Ashton-Miller, J.A. (2002). Fall arrest strategy affects peak hand impact force in a forward fall. *Journal of Biomechanics*, 35, 843–848.
- Deutsches Netzwerk für Qualitätsentwicklung in der Pflege (DNQP) (2005). *Expertenstandart Sturzprophylaxe in der Pflege*. Osnabrück: Fachhochschule Osnabrück (Sonderdruck).
- Freiberger, E. & Becker, C. (2006). Stürze im Alter: Prävalenz und Risikofaktoren. *Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 22, 93-97.
- Gaßner, K. & Conrad, M. (2010). *ICT enabled independent living for elderly. A status-quo analysis on products and the research landscape in the field of Ambient Assisted Living (AAL) in EU-27*. Berlin: VDE Verlag.
- Gersch, M., Liesenfeld, J. (2012). *AAL- und E-Health-Geschäftsmodelle*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Gietzelt, M., Spehr, J., Marschollek, M., Gövercin, M., Költzsch, Y., Wolf, KH., Song, B., Haux, R., Steinhagen-Thiessen, E. (2010). Evidenzbasierte Sturzerkennung mit Hilfe von Vision- und Beschleunigungssensorik. In Schmücker P, Ellsäcker KH, Hayna S, editors. *Effiziente und wirtschaftliche Gesundheitsversorgung von heute und morgen - nur mit Medizinischer Dokumentation, Medizinischer Informatik, Medizinischer Biometrie und Epidemiologie*. Tagungsband der 55. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie; Mannheim, Germany. Köln: gmDS, 429-430.
- Graefe, A., Orwat, C., Faulwasser, T. (2008). Der Umgang mit Barrieren bei der Einführung von Pervasive Computing. Ein Literaturüberblick 13-19. In *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* Nr. 1, 17.
- Groen, B.E., Weerdesteyn, V., Duysens, J. (2007). Martial arts fall techniques decrease the impact forces at the hip during sideways falling. *Journal of Biomechanics*, 40, 458-462.

- Gründler, Beat M. (2006). *Sturzprävention für Senioren und Seniorinnen. Die Rolle des Hüftprotektors in der Sturz- Fraktur- Prävention*. Schweiz: Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu.
- Haid, M., Nickel, M., Günes, E., Chobtrong, T. (2011). Low-cost Vitaldatenmonitoring-System mit integriertem inertialgestützten Personentracking. SENSOR+TEST: Nürnberg.
- Hilmer, T. (2009). Älter werden ist unser aller Zukunft. [Elektronische Version]. *Bremer Ärztejournal Hannover*, 69, 4-5.
- Hofmann, Ch. (2007). *Mobile Sturzdetection und Erfassung des Sturzverhaltens im Alltag mit ZigBee*. Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen, Deutschland
- Hubacher, M. (2000). *Die Akzeptanz des Hüftprotektors bei zu Hause lebenden Senioren ab 70 Jahren*. bfu-Report Nr. 45, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu, Bern.
- Hubacher, M. & Wettstein, A. (2000). *Die Wirksamkeit des Hüftprotektors zur Vermeidung von sturzbedingten Schenkelhalsfrakturen*. Bfu-Report Nr. 44, Schweizerische Beratungsstelle für Unfallverhütung bfu, Bern.
- Kangas, M., Konttila, A., Lindgren, P., Winblad, I., Jämsä, T. (2008). Comparison of low-complexity fall detection algorithms for body attached accelerometers. *Gait & Posture*, 28, 285–291.
- Kangas, M., Konttila A., Winblad, I. and Jamsa, T. (2007). *Determination of simple thresholds for accelerometry-based parameters for fall detection*. Engineering in Medicine and Biology Society. 29th Annual International Conference of the IEEE, 1367–1370.
- Kang, J., Yoo, T., Kim, H. (2006). A Wrist-Worn Integrated Health Monitoring Instrument with a Tele-Reporting Device for Telemedicine and Telecare. *IEEE Transactions on instrumentation and measurement*, Vol. 55, No. 5.
- Keck, W., Stuber, M., Lindemann, U. (2008). *SturzAlarm –Automatische Alarmierung nach Stürzen, 1. AAL -Kongress*. Berlin: VDE Verlag.
- Keck, W. und Stuber, M. (2010). *Automatische Alarmierung nach Stürzen*, Hochschule Ulm, *Horizonte*, Ausgabe 36, vmk-verlag.
- Klenk, J., Becker, C., Lieken, F., Nicolai, S., Maetzler, W., Alt, W., Zijlstra W., Hausdorff, J., Lummel, R., Chiari, L., Lindemann, U. (2011). Comparison of acceleration signals

of simulated and real-world backward falls. *Medical Engineering & Physics*, 33, 368–373. Elsevier.

- Klimont, J., Kytir, J., Leitner, B. (2007). *Österreichische Gesundheitsbefragung 2006/2007. Hauptergebnisse und methodische Dokumentation*. Statistik Austria. Zugriff am 12.04.2010 unter http://www.statistik.at/web_de/statistiken/gesundheit/index.htm.
- Kressig, R. W. (2004). Die Rolle der Ganganalyse in therapeutischen Trainingsprogrammen von Betagten. *Zeitschrift für Gerontologie*, 37 (1), 15-19.
- Kunze, C. (2006). *Ubiquitous Healthcare: Anwendungen ubiquitärer Informationstechnologien im Telemonitoring*. Dissertation, Karlsruhe.
- Kunze, C., Holtmann, C., Schmidt, A., Stork, W. (2008). Kontextsensitive Technologien und intelligente Sensorik für Ambient-Assisted-Living-Anwendungen. *Tagungsband zum 1. Deutschen Kongress Ambient Assisted Living AAL*.
- Kurschl, W. und Neuhold, M. (2010). *A Tool for Automated Fall Risk Classification*. ITNG, (pp.791-797).
- Lamb, S. E., Jorstad-Stein, E. C., Hauer, K. und Becker C. (2005). Development of a Common Outcome Data Set for Fall Injury Prevention Trials: The Prevention of Falls Network Europe Consensus. *Journal of the American Geriatrics Society*, Volume 53, (9), 1618 – 1622.
- Langheinrich, M. und Mattern F. (2003). Digitalisierung des Alltags. Was ist Pervasive Computing? *Aus Politik und Zeitgeschichte*, 13, 6-12.
- Li, Y., Zeng, Z.L., Popescu, M., Ho, K.C. (2010). *Acoustic Fall Detection Using a Circular Microphone Array*, 32th Int. IEEE EMBS Conf., Buenos Aires, Argentina.
- Lindemann, U., Hock, A., Stuber, M., Keck, W., Becker, C. (2005). Evaluation of a fall detector based on accelerometers: A pilot study. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 43, 548–551.
- Lo, J. & Ashton-Miller, J.A. (2008). Effect of pre-impact movement strategies on the impact forces resulting from a lateral fall. *Journal of Biomechanics*, 41, 1969–1977.
- Lüder, M. (2008). *Sturzerkennung durch vernetzte Sensorik*. Diplomarbeit, Rostock, 2008.
- Lüder, M. (2009). *Sturzerkennung mittels Luftdruck- und Beschleunigungssensorik. Ambient Assisted Living. 2. Deutscher AAL-Kongress mit Ausstellung. Technologien – Anwendungen*, Berlin, Tagungsbandbeiträge. Berlin: VDE Verlag.

- Mattern, F. (2007). Was bedeuten Pervasive und Ubiquitous Computing? *asut-Bulletin*, No. 4, 33.
- Mathie, M.J., Basilakis, J., and Celler. B.C. (2001). *A system for monitoring posture and physical activity using accelerometers*. Engineering in Medicine and Biology Society, Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE, 4, 3654–3657.
- Meyer, S., Böhm, U., Röhrig, A. (2003). Smart Home – Smart Aging. Akzeptanz und Anforderungen der Generation 50+. *Dtsch Arztebl*, 100, 3294–3298 [Heft 50].
- Mihailidis, A. (2005). An intelligent emergency response system: preliminary development and testing of automated fall detection. *J. Telemed Telecare*, 11, 194 – 198.
- Nak-Young Chong (Japan Advanced Institute of Science and Technology, Japan) and Fulvio Mastrogiovanni (University of Genova, Italy). Nak – Young Chong, Fulvio Mastrogiovanni (eds.) *Handbook of Research on Ambient Intelligence and Smart Environments; Trends and Perspectives*, IGI Global Hershey, PA (USA), 41-55.
- Noury, N., Fleury, A., Rumeau, P., Bourke, A.K., Laighin, G. Rialle, V., J E Lundy, J. E., (2007). *Fall detection--principles and methods*. Conference Proceedings of the International Conference of IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 1663-6.
- Noury, N., Barralon, P., Virone, G., Boissy, P., Hamel, M., Rumeau, P. (2003). *A Smart Sensor Based on Rules and its Evaluation in Daily Routines*. In: IEEEEMBC 2003. Cancun-Mexico, 3286–3289.
- Nyan, M., Tay F., Tan A. (2006). Distinguishing fall activities from normal activities by angular rate characteristics and high-speed camera characterization. *Medical Engineering & Physics*, 28, 842–849.
- Nyan, M., Tay, F., Mah, M. (2008). Application of motion analysis system in pre-impact fall detection. *Journal of Biomechanics*, 41, 2297-2304.
- Pelinka, H. (2006). Tagungen und Enqueten - *Berichte zur Gesundheitsförderung "Sturz - Risikoerfassung und Prävention" (Enquetebericht) in Wien*. Zugriff am 23.August 2010 unter <http://www.wien.gv.at/who/kongress/pdf/pelinka.pdf>.
- Pils, K. (2007). Österreichischer Osteoporosebericht 2007. Hrsg.: Verein Altern mit Zukunft. Zugriff am 25.08.2011 http://www.roche.at/portal/synergy/static/file/synergy/alfproxy/download/14149292559401b711de8f6105349352889f/last/osteobereicht_internet.pdf

- Popescu, M., Li, Y., Skubic, M., Rantz, M. (2008). *An acoustic fall detector system that uses sound height information to reduce the false alarm rate*. 30th Int. IEEE EMBS Conf., Vancouver, BC, 4628-4631.
- Rimminen, H., Lindström, J., Linnavuo, M. Sepponen, R. (2010). Detection of Falls Among the Elderly by a Floor Sensor. Using the Electric Near Field. IEEE Transactions on information technology in biomedicine, Vol. 14, No 6.
- Runge, M. (2002). Die Sturzkrankheit. Gehstörungen und Stürze im Alter als multifaktorielles Problem und allgemeinmedizinische Aufgabe. *Zeitschrift für Allgemeinmedizin*, 78, 344-349.
- Salkeld, G., Cameron, I.D., Cumming, R.G., Easter, S., Seymour, J., Kurrle, S.E., Quine, S. (2000). Quality of life related to fear of falling and hip fracture in older women: a time trade off study. *BMJ* 320(7231):341-6.
- Salomon, R., Luder, M., Bieber, G. (2010). *iFall-a new embedded system for the detection of unexpected falls*. In Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops), IEEE International Conference on, pages 286–291.
- Schlötelburg, C., Becks, T., Hahn, P., Mühlbacher, A.C., Weiß, C. (2008). *Identifizierung von Innovationshürden in der Medizintechnik*. BMBF-Studie: Berlin.
- Spehr, J., Winkelbach, S., Wahl, F. (2009). *Visuelle Sensorik im Bereich AAL. Ansätze und Herausforderungen*. Tagungsband zur GI Jahrestagung 925-939.
- Steg, H., Strese, H., Loroff, C., Hull, J., Schmidt, S. (2008). *Europe Is Facing a Demographic Challenge - Ambient Assisted Living Offers Solutions. Ambient Assisted Living – European Overview Report*. Berlin: VDE Verlag.
- Steinhage, A. & Lauterbach, Ch. (2011). SensFloor® and NaviFloor®: Large-Area Sensor Systems beneath Your Feet (pages 41-55) in Handbook of Research on Ambient Intelligence and Smart Environments, Trends and Perspectives.
- Tana, J.S., Engb, J., Robinovitchd, S., Warnickd, B. (2006). Wrist impact velocities are smaller in forward falls than backward falls from standing. *Journal of Biomechanics*, 39, 1804-1811.
- Tideiksaar, R. (2000). *Stürze und Sturzprävention* (1. Auflage). Bern: Hans Huber.
- Tragl, K.- H. (2001). *Stürze im Alter* (2. überarbeitete und erweiterte Auflage). Wien-München-Bern: Wilhelm Maudrich.

- Wölk, M., Scheermesser, M., Kosow, H., Neuhäuser, V. (2008). Pervasive Computing als Zukunftsmodell? Chancen und Risiken aus Sicht von Ärzten und Patienten. In *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 17 (1), 34-42.
- Wrobel, N. (2009). Sturz und Sturzprävention. [Elektronische Version]. *Bremer Ärztejournal Hannover*, 69, 4-5.
- Wu, G. (2000). Distinguishing fall activities from normal activities by velocity characteristics. *Journal of Biomechanics*, 33, 1497-1500.

Lebenslauf

Persönliche Angaben

Name: Schiemer Gerhard
Anschrift: Badnerstrasse 33
2540 Bad Vöslau
Geburtsdatum/ ort: 30.03.1974/ Mödling
Telefon: 0699/11648517
E-mail: gaad@gmx.at
Familienstand: verheiratet, zwei Kinder 10 und 15 Jahre

Ausbildung

Schule

1980 -1984 Volksschule, 2540 Bad Vöslau
1984 -1987 Bundesrealgymnasium, 2560 Berndorf
1987 -1988 Hauptschule, 2540 Bad Vöslau
1988 -1990 HTL, 2340 Mödling
1996 -1999 Schule für Gesundheits- und Krankenpflege,
2700 Wr. Neustadt
2000 - 2003 Berufsreifeprüfung Volkshochschule, 2700 Wr. Neustadt
2006 - 2009 Bakkalaureatsstudium Gesundheitssport, Universität Wien
2009 - 2012 Magisterstudium Sport und Bewegungswissenschaft, Universität
Wien

Beruf

1990 - 1993 Elektrikerlehre mit Gesellenprüfung, 2500 Baden
1993 - 1995 Elektrikergeselle, 2500 Baden
1995 Zivildienst beim Roten Kreuz, 2540 Bad Vöslau
1999 - 2002 Intensivstation KH, 2700 Wr. Neustadt
2002 Burgenländische Krankenanstalten GesmbH,
7000 Eisenstadt Pflegedirektion
2003 NÖ Landes- Pensionisten- und Pflegeheim, 2486 Pottendorf
2003 – 2005 Karenz
2005 – 2011 Residenz Bad Vöslau, 2540 Bad Vöslau
seit 2011 Sportwissenschaftliches und Therapeutisches Kletterzentrum
Weinburg

Lebenslauf

Praktika

2008	Mitarbeit bei Planung und Durchführung des Projekts "Spielplatz Heldenplatz" der Austrian Federation of Adapted Physical Activity
seit 2009	wöchentlich Wirbelsäulengymnastik mit den Mitarbeitern der Residenz
seit 2009	wöchentlich Sesselgymnastik mit den Heimbewohnern der Residenz
09/10 2009	IMSB Institut für medizinische und sportwissenschaftliche Beratung, 2344 Maria Enzersdorf
11/12 2009	Praktikum Labor für Gang- und Bewegungsanalyse im Orthopädischen Spital Speising, 1130 Wien

Einschlägige Fortbildungen im Bereich Sport

2007	Internationales Symposium „Genes and Physical Performance – Impact of Genes on Sport, Performance and Health“ IOC Course
2009 – 2010	Instruktor Allgemeine Körperausbildung II (Studio)
2009	Nordic-Walkinglehrer

Sonstige Kenntnisse und Fortbildungen

Umfangreiches Wissen in Office Anwendungen und SPSS, Führerschein B, Sanitätshilfekurs 160 Stunden, Betriebswirtschaftliche und Rechtliche Grundlagen (Wahlfächer aus Sportmanagement), Implementierung der Pflegediagnosen in den Pflegeprozess, der diagnostische Prozess – Anamnese und Diagnose, Beatmungsseminar für Intensivpflegepersonal, Update Intensivbeatmung, Train the Trainer: Monitoring, Logopädie, Hämofiltration, Basale Stimulation in der Pflege